

VARIABILIDADE E MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Claudine Dereczynski
Instituto de Geociências - CCMN - UFRJ
14/05/2013



Variabilidade e Mudanças Climáticas

Qual a diferença entre tempo, clima, variabilidade climática e mudanças climáticas?

- **Tempo**: estado da atmosfera num determinado local e num certo tempo.
- **Clima**: estado médio da atmosfera (em geral, uma média de 30 anos).
 - Ex. Temp. média no Rio em maio? 23°C.
 - Ex. Total pluv. no Rio em maio? 85,6 mm
- **Variabilidade climática**: oscilações periódicas no clima (naturais).
- **Mudanças climáticas**: atribuída diretamente ou indiretamente a **atividade humana** com alteração na composição da atmosfera global e que é adicionada a variabilidade natural do clima.

Conteúdo ...

- O que é o Efeito Estufa?
- O Clima está mesmo mudando?
- As recentes variações climáticas são naturais ou provocadas pelo homem?
- O que pode acontecer no futuro?
- Quão vulnerável é o Brasil ao clima atual e suas variações?
- Detecção de Mudança Climática no Estado do Paraná

O que é o Efeito Estufa?

O efeito estufa do CO₂ não é um idéia nova!!

THE LONDON, EDINBURGH AND DUBLIN
PHILOSOPHICAL MAGAZINE
AND JOURNAL OF SCIENCE

≡

[FIFTH SERIES APRIL 1896]

XXXI. *On the Influence of Carbonic Acid in the Air upon the Temperature of the Ground.* By Prof. SVANTE ARRHENIUS*.

1. Introduction: Observations of Langley on Atmospheric Absorption.

A GREAT deal has been written on the influence of the absorption of the atmosphere upon the climate. Tyndall † in particular has pointed out the enormous importance of this question. To him it was chiefly the diurnal and annual variations of temperature that were lessened by this circumstance. Another side of the question, that has long attracted the attention of physicists, is this: Is the mean temperature of the ground in any way influenced by the presence of heat-absorbing gases in the atmosphere? Fourier ‡ maintained that the atmosphere acts like the glass in a hot house, because it lets through the light rays of the sun but retains the dark rays from the ground. This idea was elaborated by Pouillet §; and Langley was by some of his researches led to the view, that 'the temperature of the earth under direct sunshine, even though our atmosphere were present as now, would probably fall to - 200 °C., if that atmosphere did not possess the

* Extract from a paper presented to the Royal Swedish Academy of Sciences, 11th December 1895. Communicated by the Author.

† "Heat a mode of motion," 2nd ed. p.405 (Lond.,1865).

‡ *Mem. de l'Ac. R. d. Sci. de l'Inst. de France*, t. vii. 1827.

§ *Compress rendus*, t. vii. p41 (1838).

Svante Arrhenius (químico sueco): A Primeira Previsão Climática

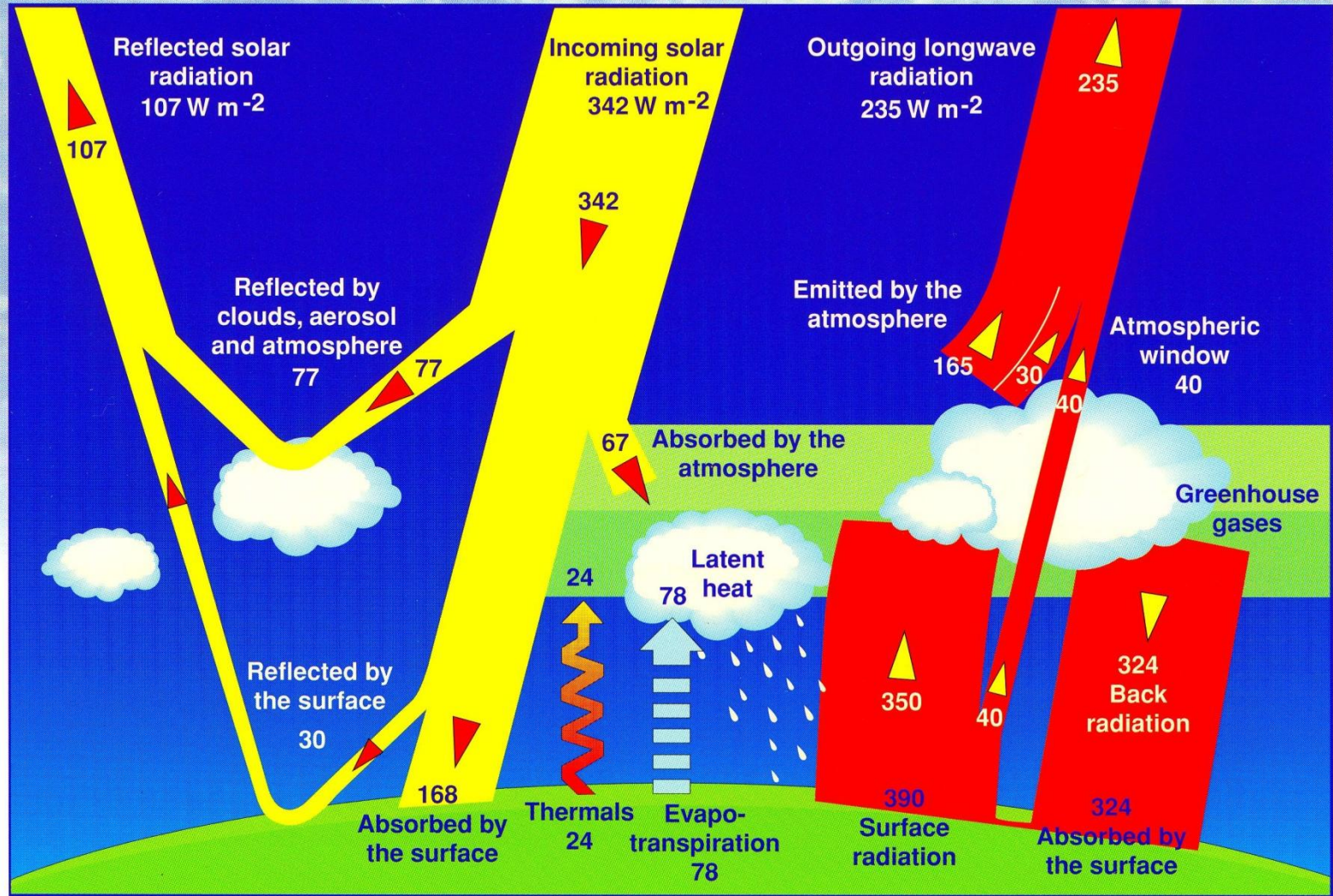


Arrhenius



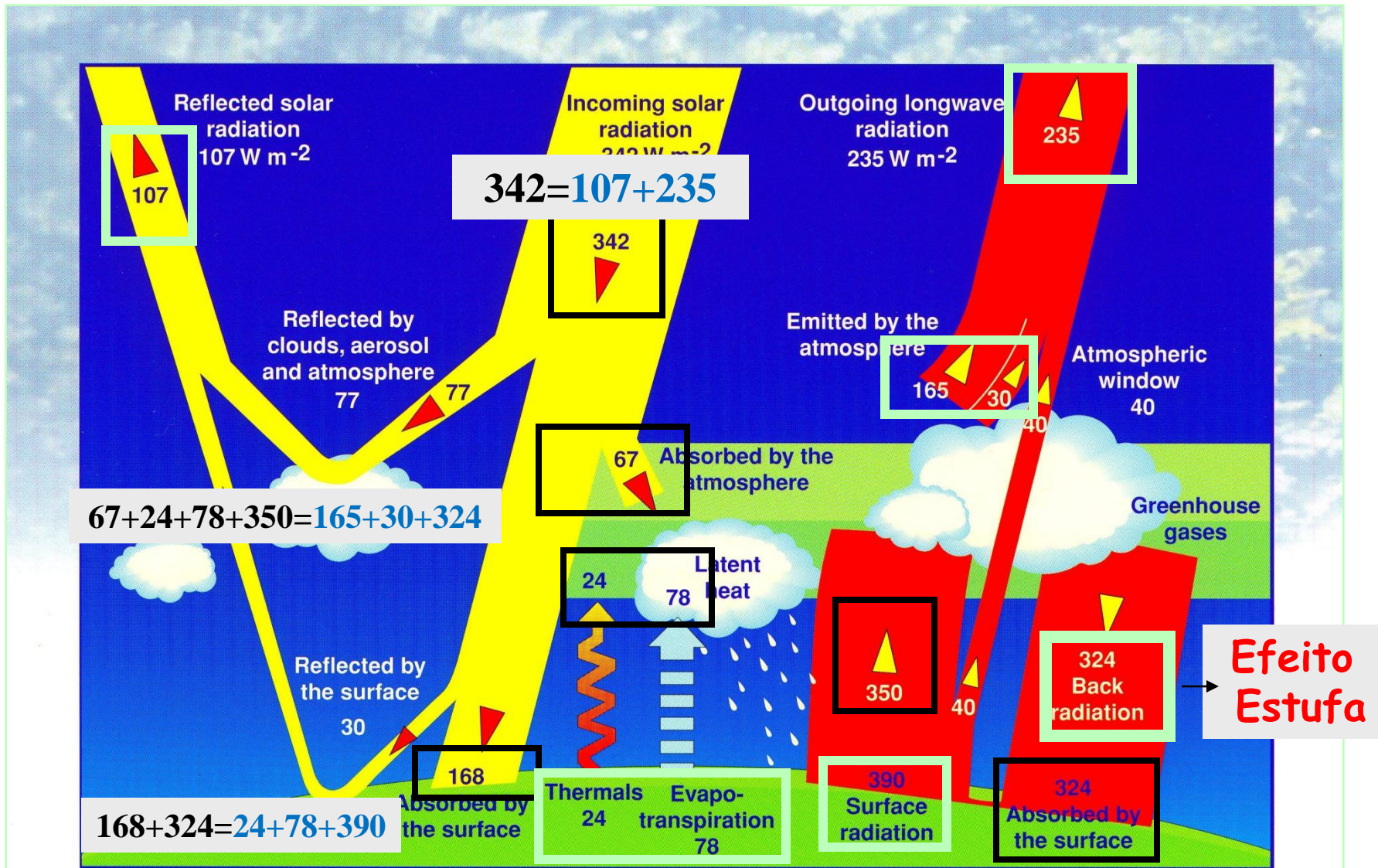
- Arrhenius quantificou em 1896 as mudanças na temperatura (aprox. **5° C**) que deveriam ser esperadas ao dobrar o CO₂, baseado no conceito do efeito de "glass bowl" introduzido em 1824 por Joseph Fourier.
- Sensibilidade climática dos modelos: 2,0 a 4,5°C (mais provável 3,0°C)

Interação entre a radiação solar e a atmosfera



Radiation Balance of the Earth (Jeffrey T. Kiehl)

Interação entre a radiação solar e a atmosfera



Radiation Balance of the Earth (Jeffrey T. Kiehl)

Usando a Lei de Stefan-Boltzman para a atmosfera: $69\%(S/4) = \sigma \cdot T^4$ - $T = -19^\circ\text{C}$ $S = 1368 \text{ W/m}^2$ e $\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-4}$
 Tmédia globo aprox 14°C

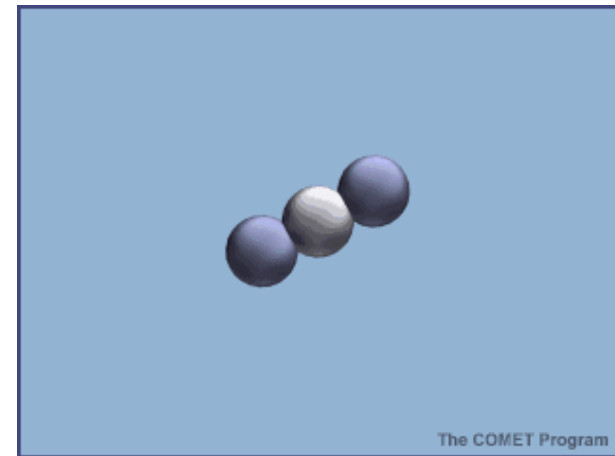
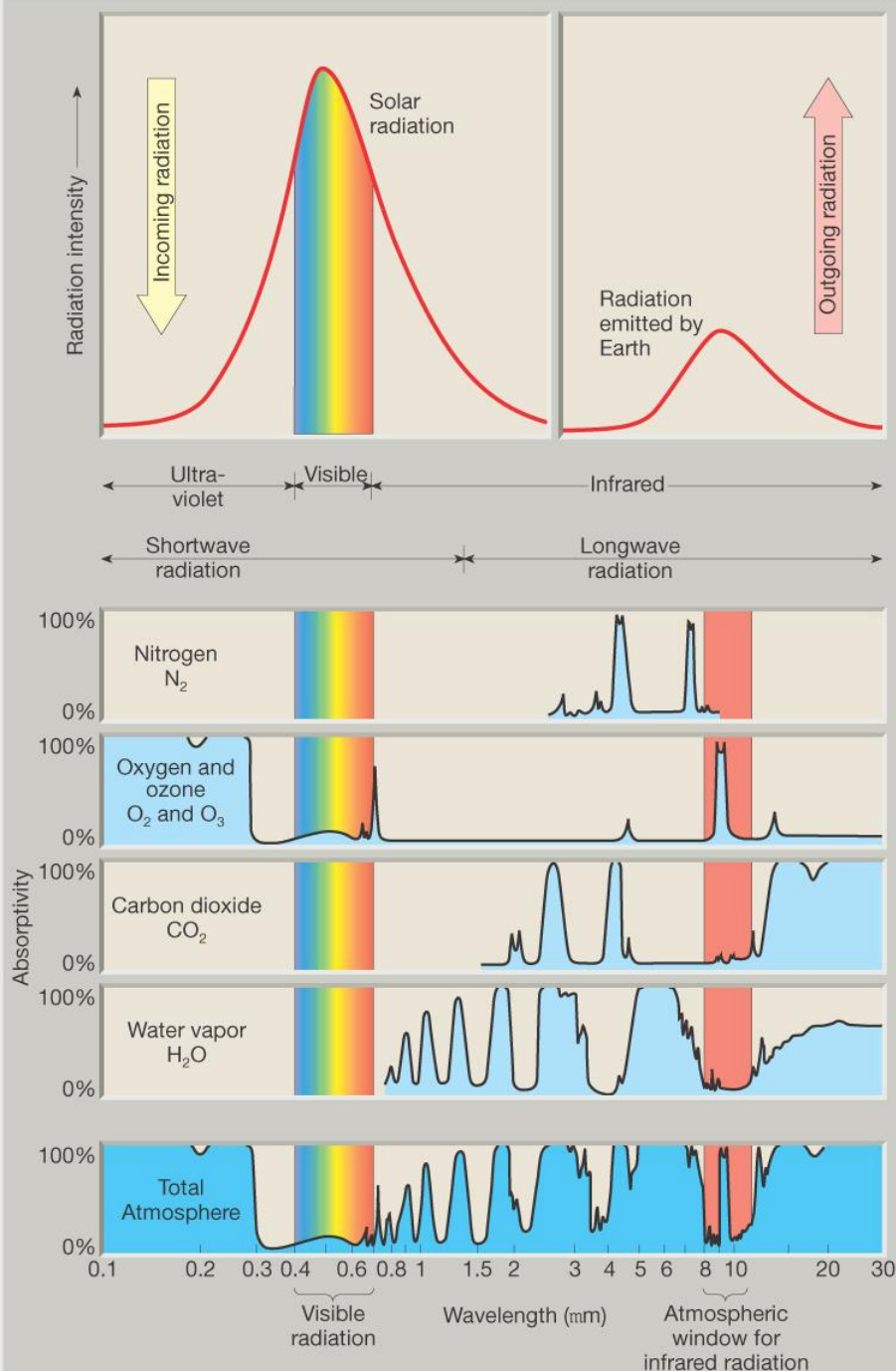
Gases que predominam na atmosfera:

- Nitrogênio: 78,08%
- Oxigênio: 20,95%
- Argônio: 0,93%

(praticamente transparentes à radiação infravermelha)

- Dióxido de Carbono: 0,03%
- Vapor d'água: 0-0,04%

(absorvem e emitem radiação infravermelha na atmosfera)

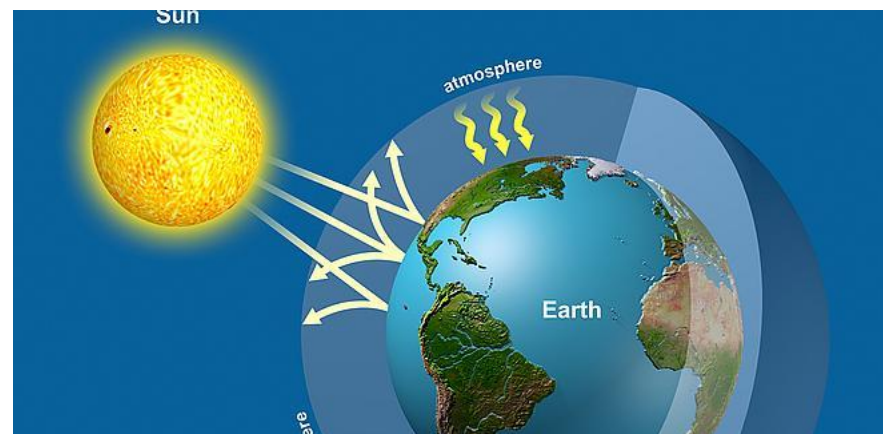


Vibração molecular e rotação do CO₂

Existem **gases traços** na atmosfera que também são importantes para o efeito estufa:

CH_4	Metano	$1,5 \times 10^{-4} \%$
N_2O	Óxido nitroso	$0,27 \times 10^{-4} \%$
O_3	Ozônio	$0-12 \times 10^{-4}\%$

Mais gases de efeito estufa na atmosfera -> maior quantidade de radiação infravermelha absorvida -> mais quente a superfície da Terra.



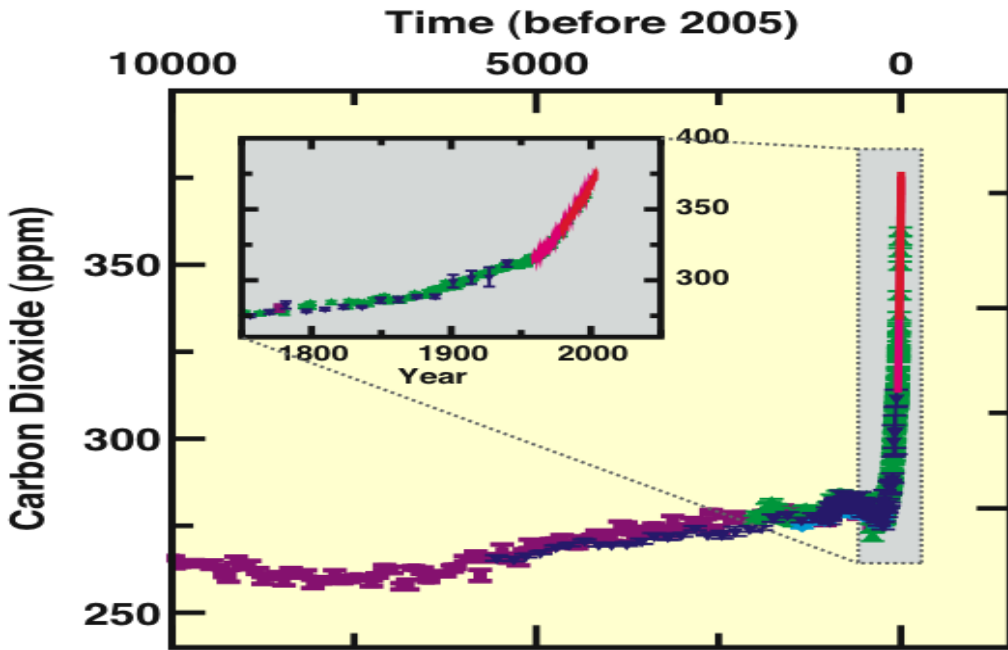
Afinal, o clima está mesmo mudando?

(Detecção da Mudança Climática)



Concentrações CO_2 e CH_4

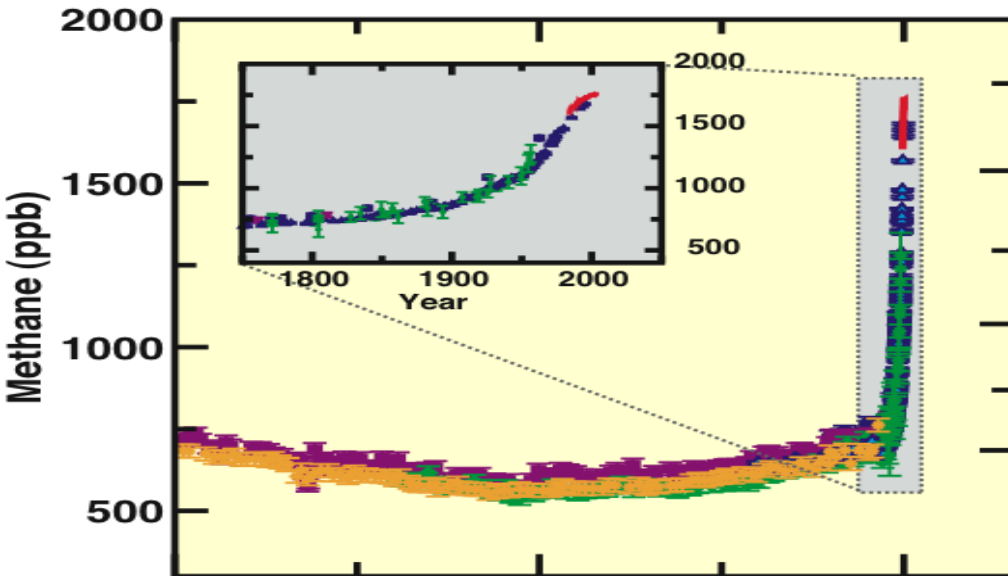
- aumento acentuado desde 1750
- Pouca variação antes da era pré-industrial



CO_2
Radiative Forcing (W m^{-2})

CO_2

- 280 ppm (pré-indust) - 397,94 ppm (mar/2013).
- Fontes: Combustíveis fósseis e mudanças no uso da terra

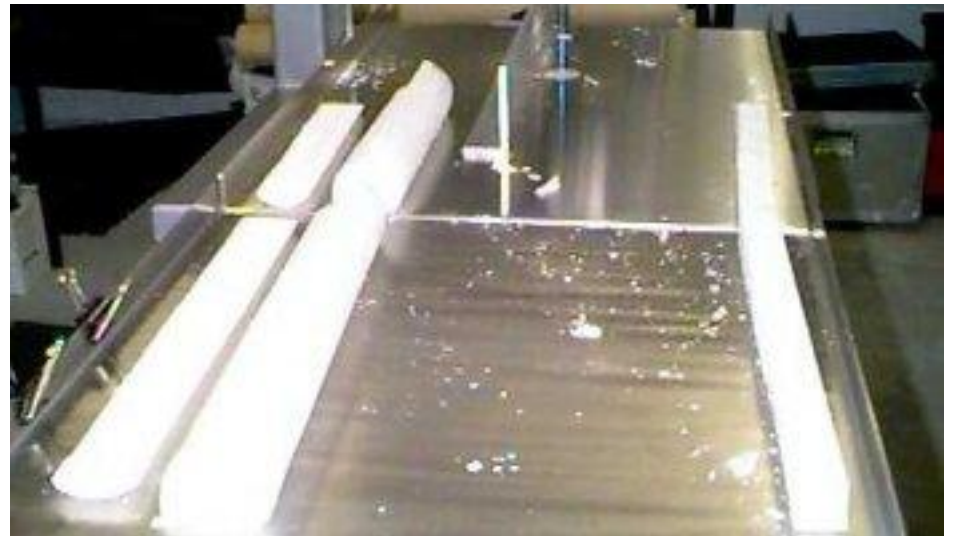
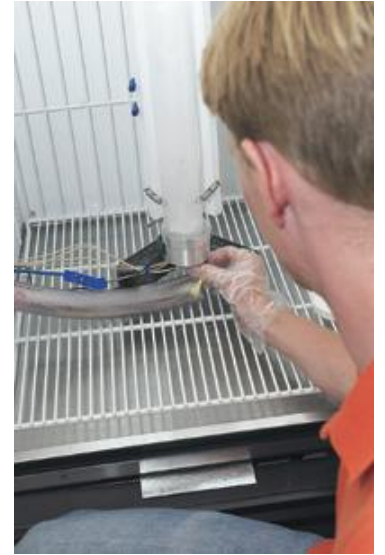


CH_4
Radiative Forcing (W m^{-2})

CH_4

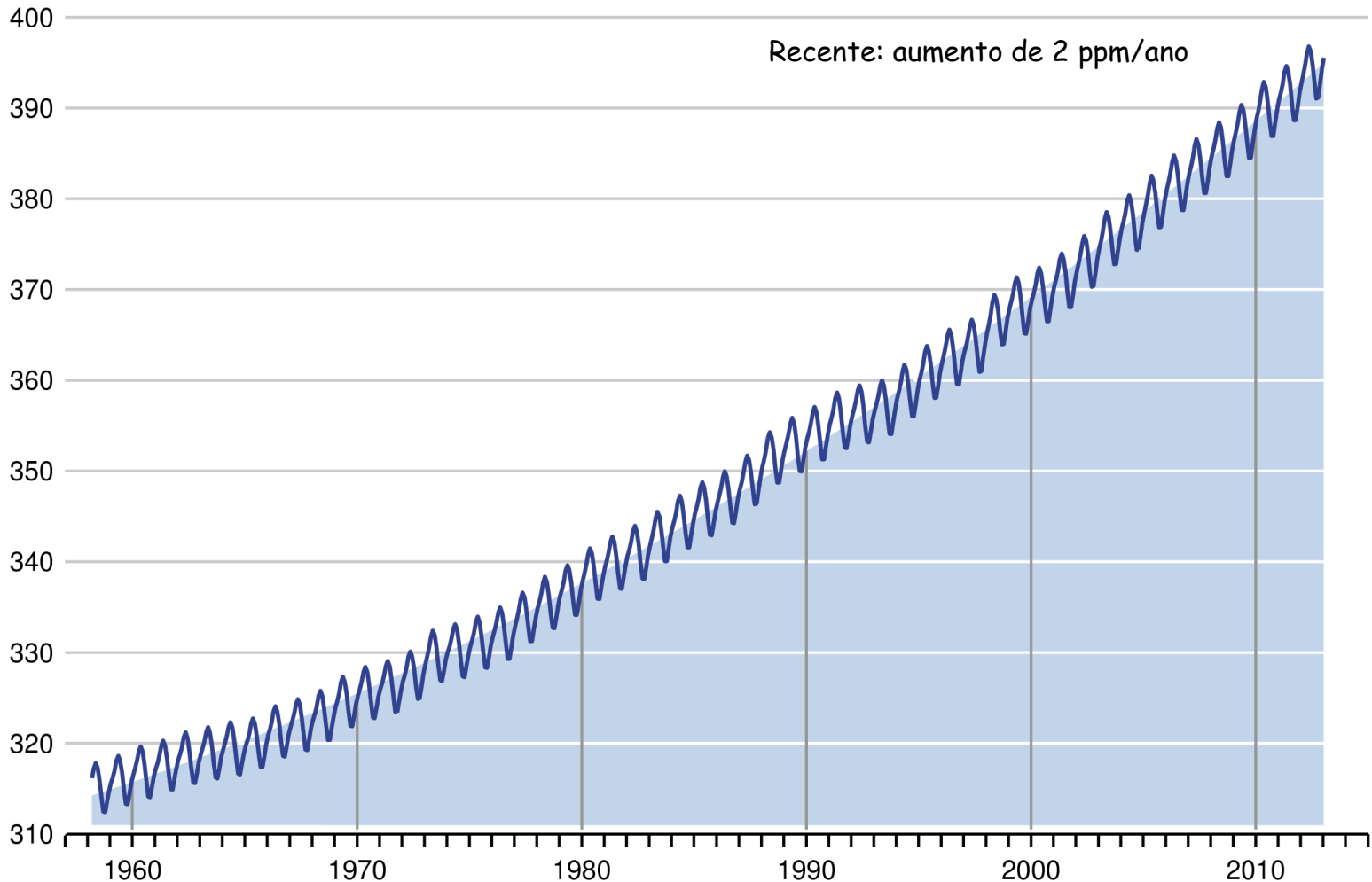
- 715 ppb (pré-indust) - 1786 ppb (2008)
- Fontes: Agricultura e combustíveis fósseis

As calotas polares registram a história da atmosfera terrestre por milhões de anos, na forma de bolhas de ar aprisionadas no gelo.

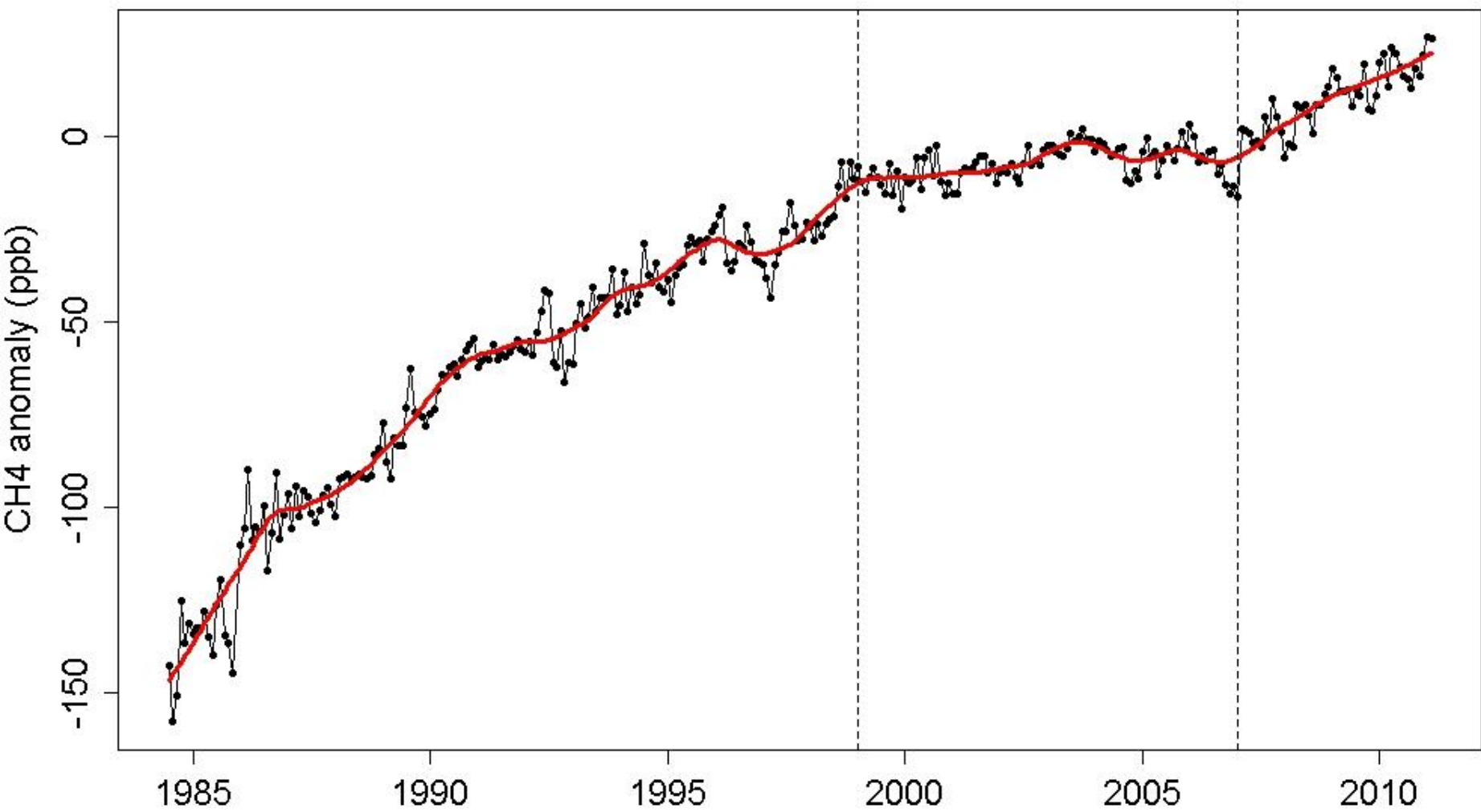


Monthly Carbon Dioxide Concentration

parts per million

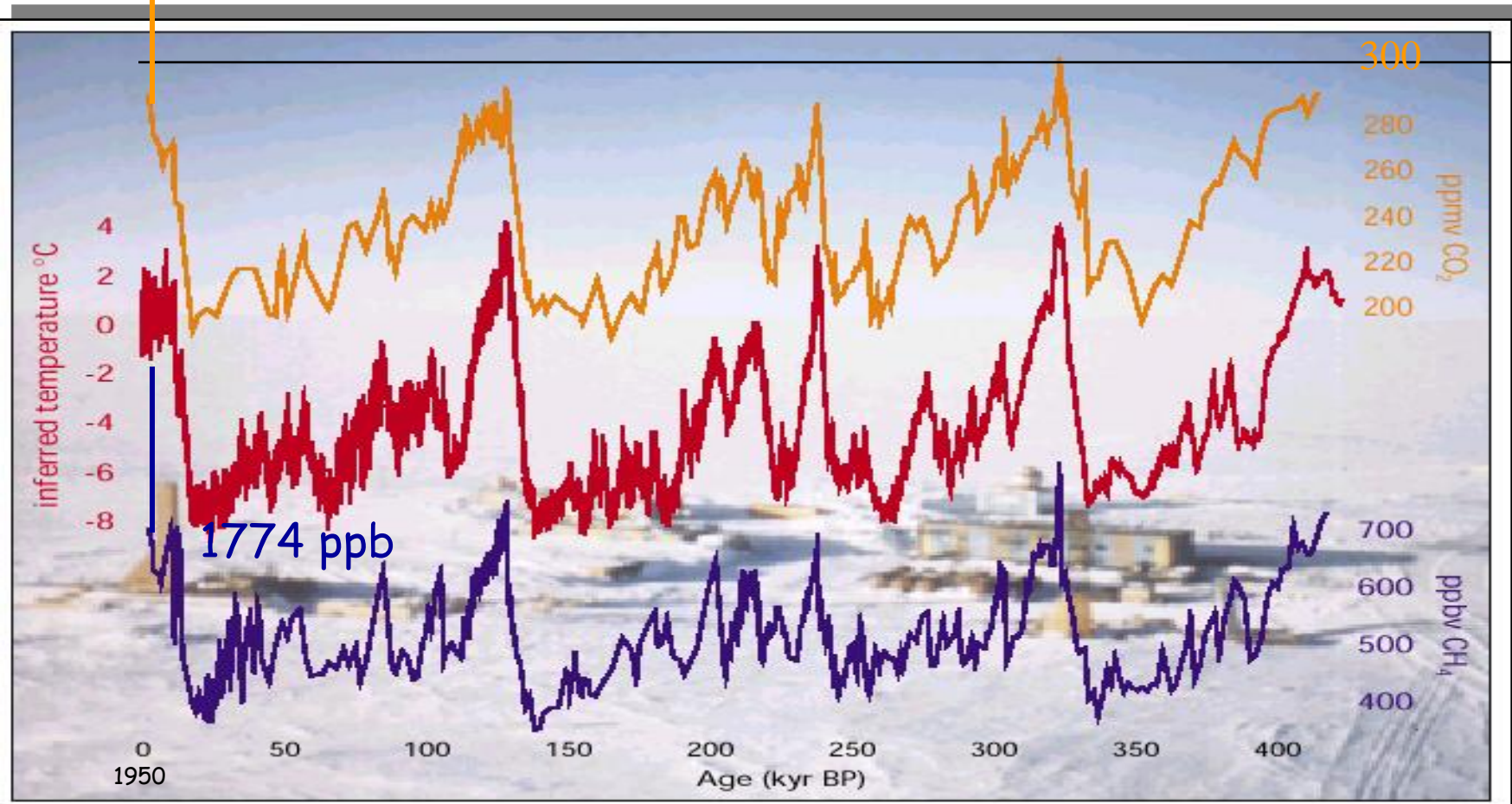


Concentração de CO₂ (ppm) desde 1958 até fev/2013. Medições feitas no Observatório de Mauna Loa (20°N/156°W) (Havai) da NOAA (conhecida como curva de Keeling em homenagem a Charles David Keeling que iniciou as medições). Fonte: http://scrippsco2.ucsd.edu/graphics_gallery/mauna_loa_record/mauna_loa_record_-_color.html



397 ppm (mar/2013)

As quatro últimas glaciações do Holoceno
Qual é a taxa média de aquecimento natural a cada 100 anos?

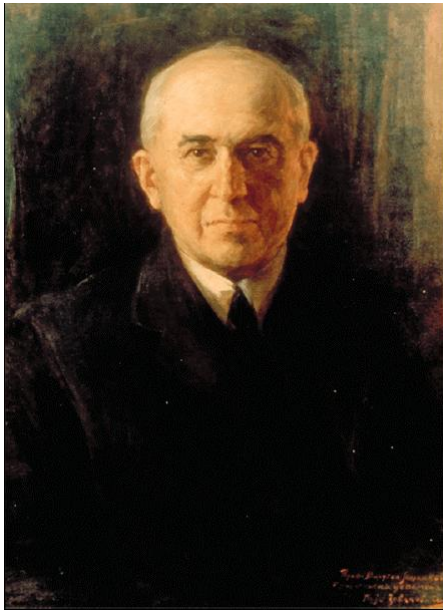


(180-300)

(320-790)

Figure 1: The sequence of changes in atmospheric CO₂, isotopically inferred temperature and CH₄ as recorded in the Vostok ice core. The record is 420,000 years long, comprising nearly 4 complete glacial cycles. Each cycle shows similar structure in terms of its termination as well as glacial period oscillations between relatively stable bounds. The interglacial periods are quite variable in their duration and evolution. The record also shows that modern levels of concentration of the greenhouse gasses CO₂ and CH₄ are unprecedented over the entire record. For a detailed report of these measurements see Petit et al., (Nature, 399, 429–36, 1999). A version of this figure is available in the PAGES transparency set (see last page, "Have You Seen...") The background image shows the Vostok research station in Antarctica (Photo: Todd Sowers).

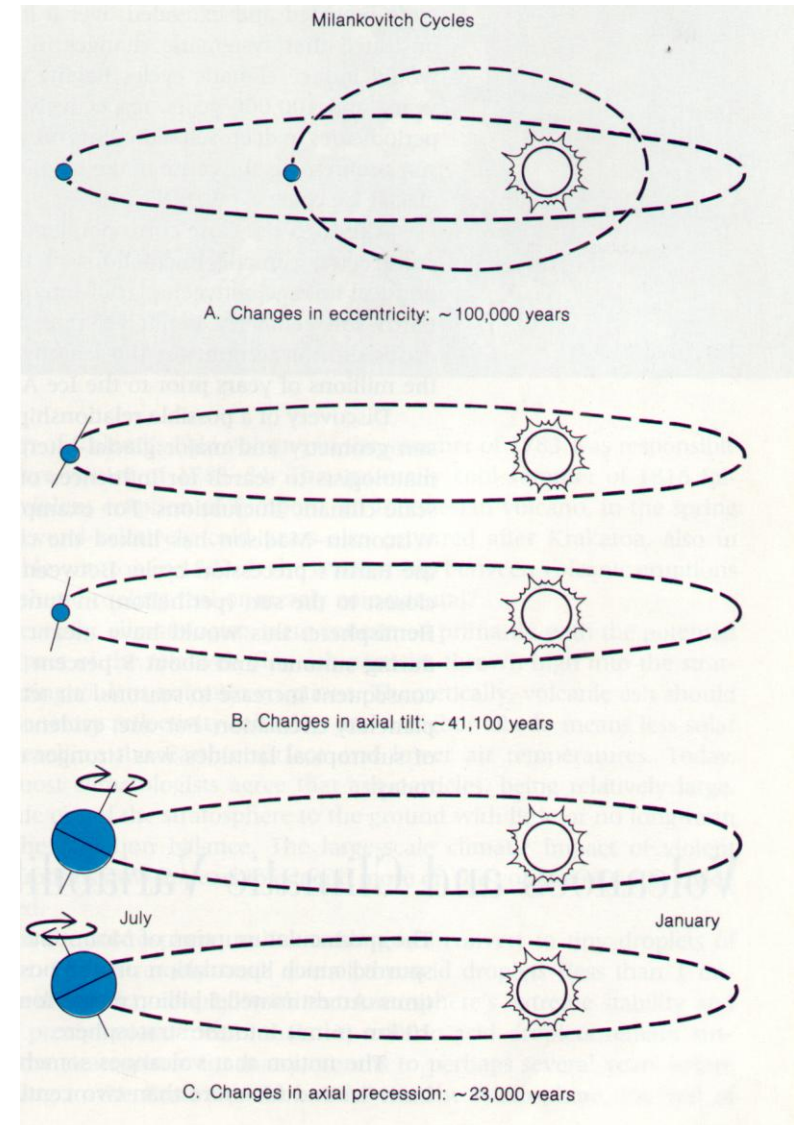
Ciclos de Milankovitch



Mudanças na **excentricidade**
($e=0,00-0,06$): ~100.000 anos

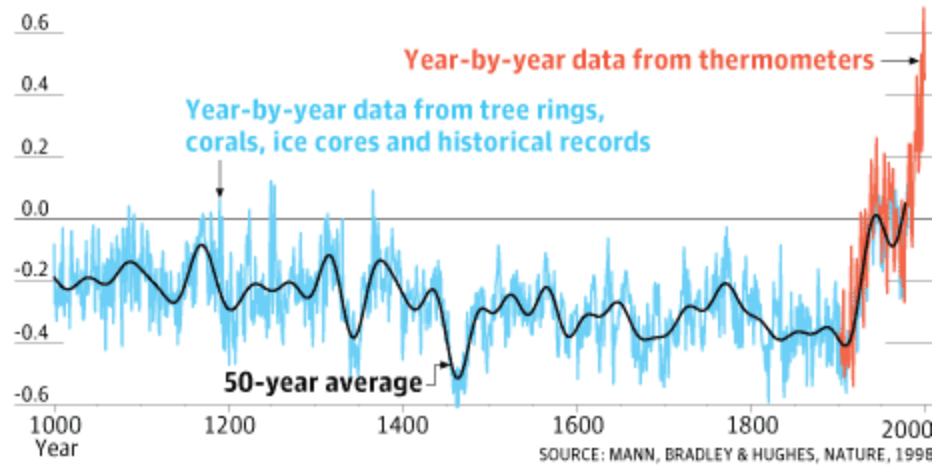
Mudanças na **obliquidade**
($\varphi=22,1-24,5^\circ$): ~41.100 anos

Mudanças na **precessão orbital**: ~23.000 anos



Variations of the Earth's surface temperature

Northern hemisphere. Departures in temperature (C) from the 1961 to 1990 average



Período:

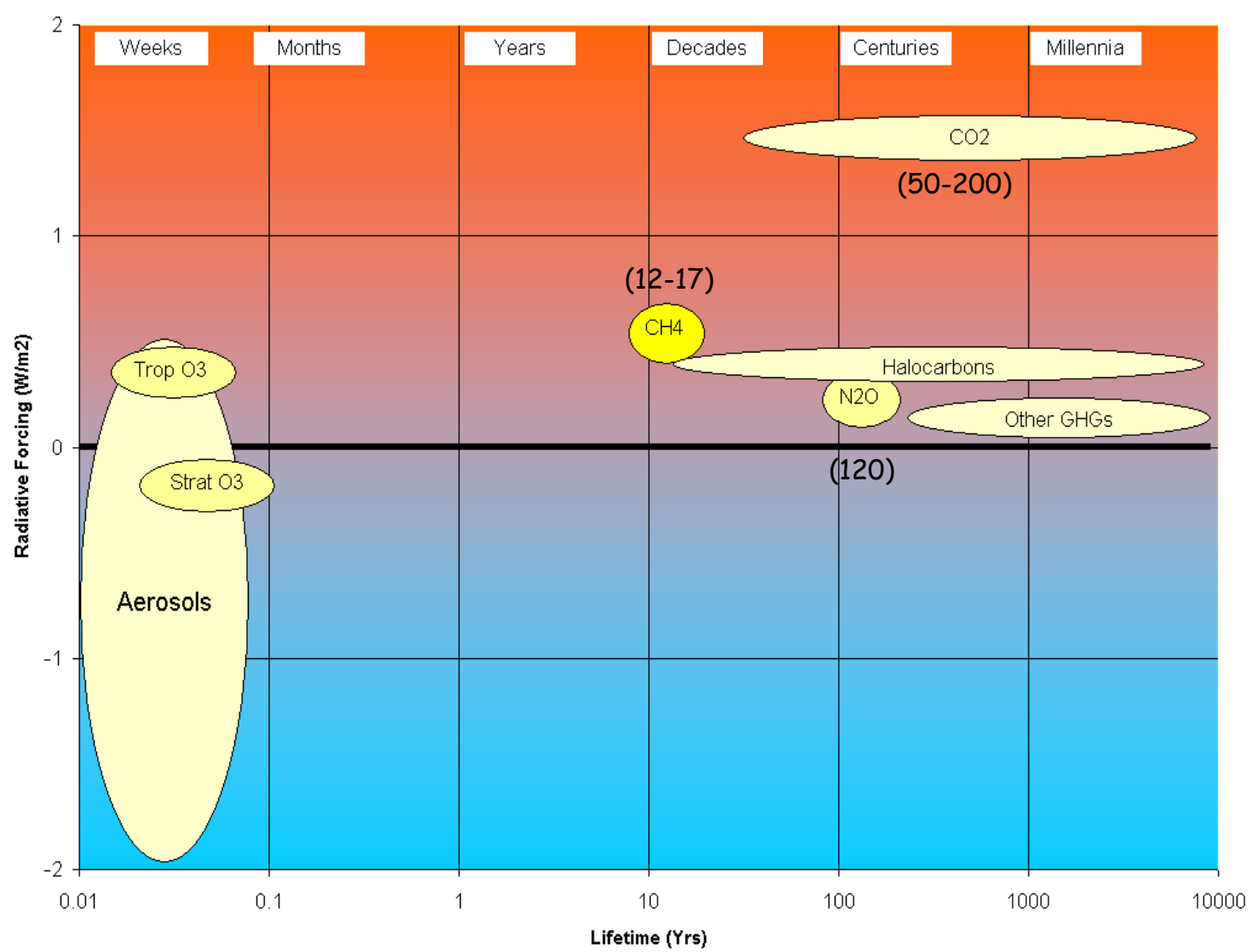
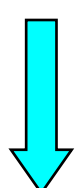
50 anos – $1,28 \pm 0,26$ (°C)

100 anos – $0,74 \text{ °C} \pm 0,18$ (°C)

Muitos dos agentes do aquecimento têm tempo de residência de décadas ou mais

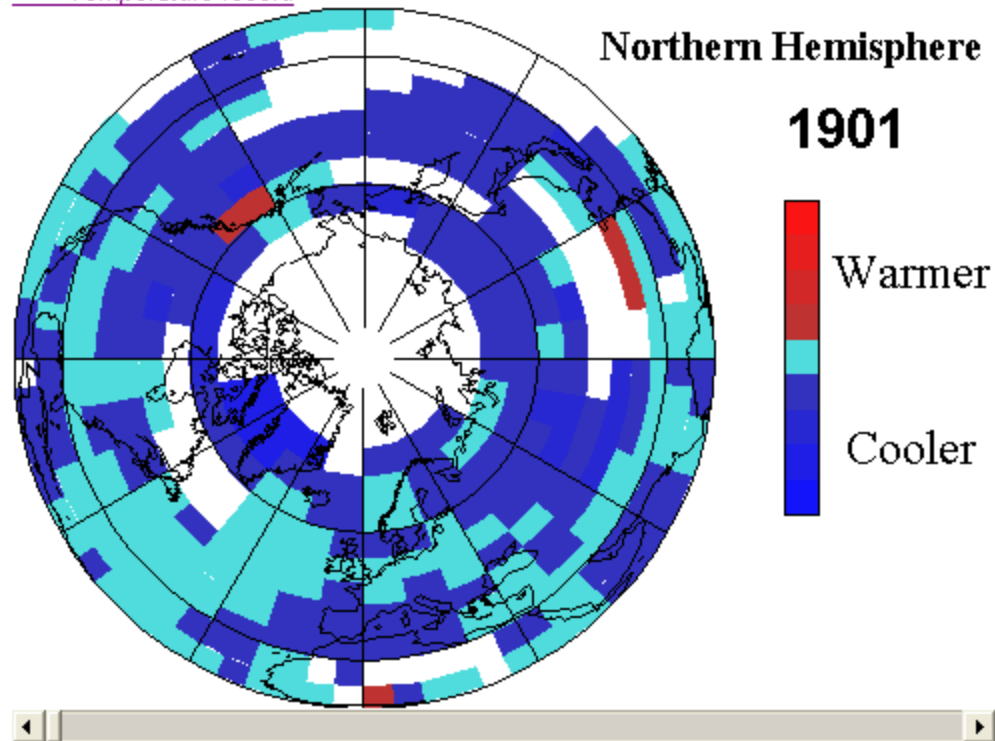


Todos os conhecidos agentes de esfriamento têm tempo de residência relativamente curto



Aerosóis: partículas sólidas ou líquidas em suspensão na atm. (antropogênicos: fuligem, queima de biomassa, queimadas)

<<< Temperature record



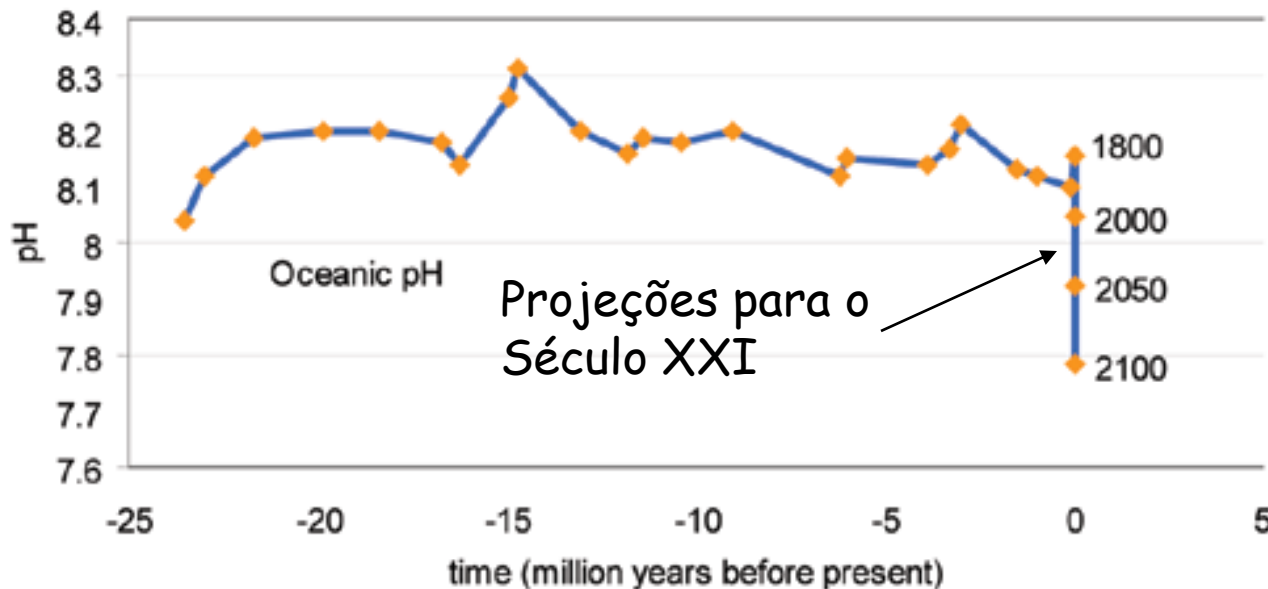
Acidificação dos Oceanos

Os oceanos desempenham papel de importância fundamental no sequestro e armazenamento de carbono.

O aquecimento global pode alterar a capacidade do oceano de absorver carbono, resultando em um acréscimo ainda maior de CO_2 na atmosfera.

Atualmente apenas cerca de 60% da quantidade estimada das emissões de CO_2 estão presentes na atmosfera. Acredita-se que os oceanos estejam removendo a maior parte da diferença.

O serviço prestado pelo oceano na absorção do gás carbônico tem um custo ecológico: a sua acidificação - redução do pH da água em decorrência da dissolução do CO_2 .



Desde o início da Revolução Industrial, o pH do oceano reduziu globalmente de 0.1 unidades de pH.

Maior acidez → Menor capacidade de absorção de CO₂

Atualizado às: 20 de outubro, 2007 - 09h34 GMT (06h34 Brasília)

Envie por e-mail Versão para impressão

Oceanos estão absorvendo menos CO₂, diz estudo

Os oceanos podem estar perdendo capacidade de absorver dióxido de carbono, alerta uma pesquisa da Universidade de East Anglia, na Inglaterra.



Cientistas não sabem se fenômeno é natural ou por ação humana

Durante dez anos, os cientistas avaliaram a absorção oceânica de CO₂ – gás que causa o efeito estufa – através de equipamentos instalados em mais de 90 mil navios mercantes que cruzaram o Atlântico norte.

Os resultados mostraram que a absorção de carbono se reduziu pela metade entre os anos 1990 e 2005.

Para os cientistas, a redução na capacidade dos oceanos de absorver os gases que causam o efeito estufa pode piorar o aquecimento global.

Especial
Veja as últimas informações sobre mudanças climáticas.

Nível do mar
Ilha na Índia submergiu. [VEJA](#)

NOTÍCIAS RELACIONADAS

- ▶ Mudança do clima pode gerar mais erupções, alerta especialista
13 setembro, 2007 | BBC Report
- ▶ Clima 'deslocará 200 milhões nos próximos 30 anos'
07 setembro, 2007 | BBC Report
- ▶ Mundo precisa de US\$ 200 bi anuais contra aquecimento, diz ONU

Intensificação do efeito estufa ← Mais CO₂ na atmosfera

O Aumento do Nível do Mar

• Observações desde 1961 mostram que a temperatura média global dos oceanos cresceu até a profundidade de pelo menos 3000 m. Esse aquecimento causa a expansão da água do mar, contribuindo para o aumento do nível do mar

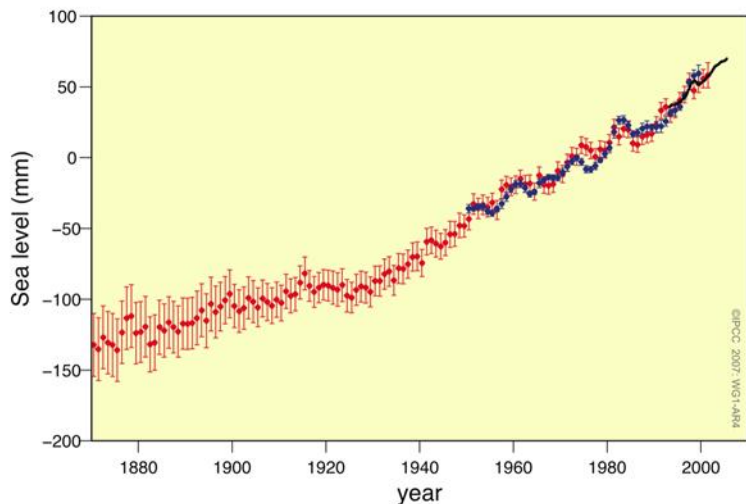


Figure TS.18

Nos últimos 100 anos, o nível médio do mar aumentou cerca de 10 a 20 cm.

Reconstrução de anomalias de elevação do NMM em relação ao período 1961-1990. Fonte: IPCC 2007

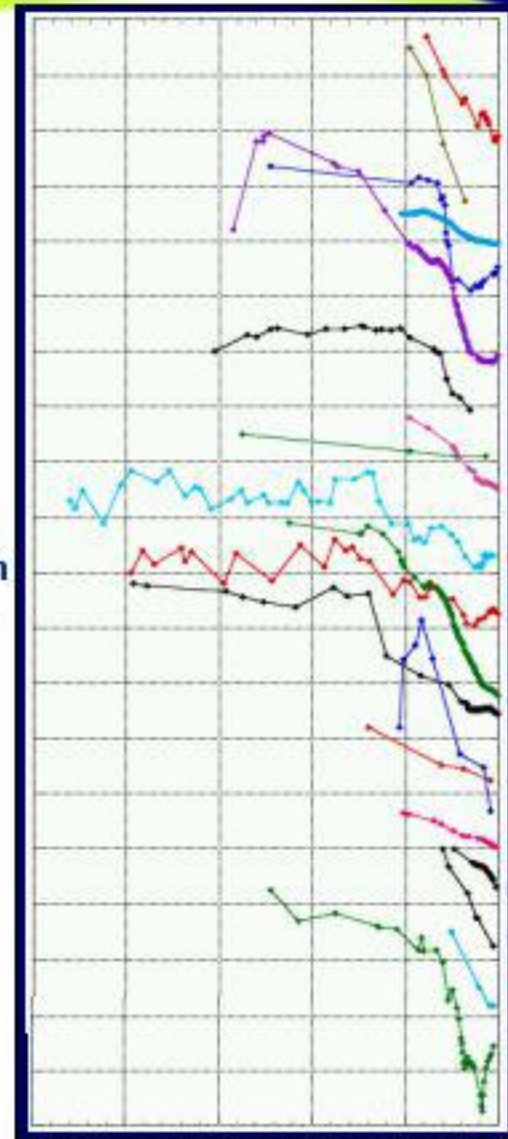
Retração das Geleiras



1900



2000



AD 1500

AD 2000

- Hans, Svalbard Norway
- Paieri, Svalbard Norway
- Stor Sweden
- Enga, Norway
- Nigards, Norway
- Yatna, Iceland
- Ts loss, Canada
- Wed gemount, Canada
- U.Gindelwald, Switzerland
- D'Argentiere, France
- Hint er, Austria
- Rhone, Switzerland
- Chungar-Tash, India
- Minapin, India
- Lewis, Kenya
- Broggi Uruashraju , Peru
- Meren, Indonesia
- Pared Sur, Chile
- Franz -Josef, New Zealand

Nigardsbreen (Norway) 1847 and 1986



Kilimanjaro 1970



Kilimanjaro (5895 m) - Norte da África

Kilimanjaro 2000

Fotos: L. Thompson

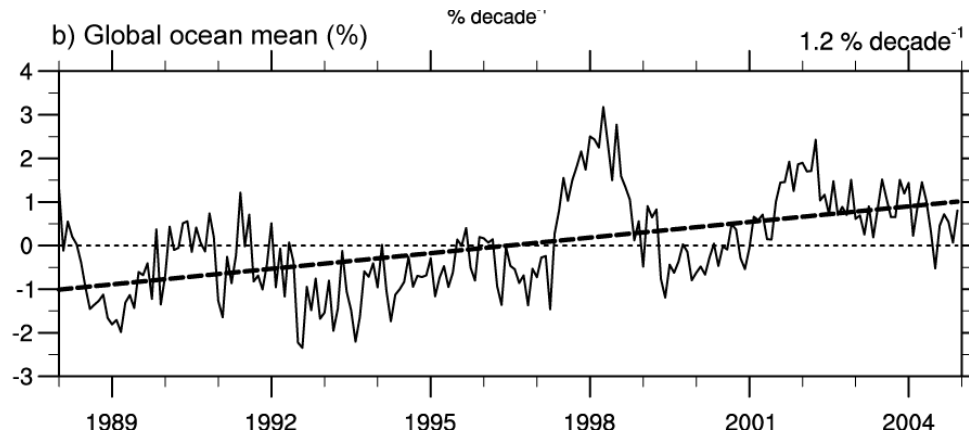


Geleiras: 12 km² em 1900 - 2 km² atualmente

Aumento da Temp. ar -> maior quantidade de vapor d'água na atmosfera

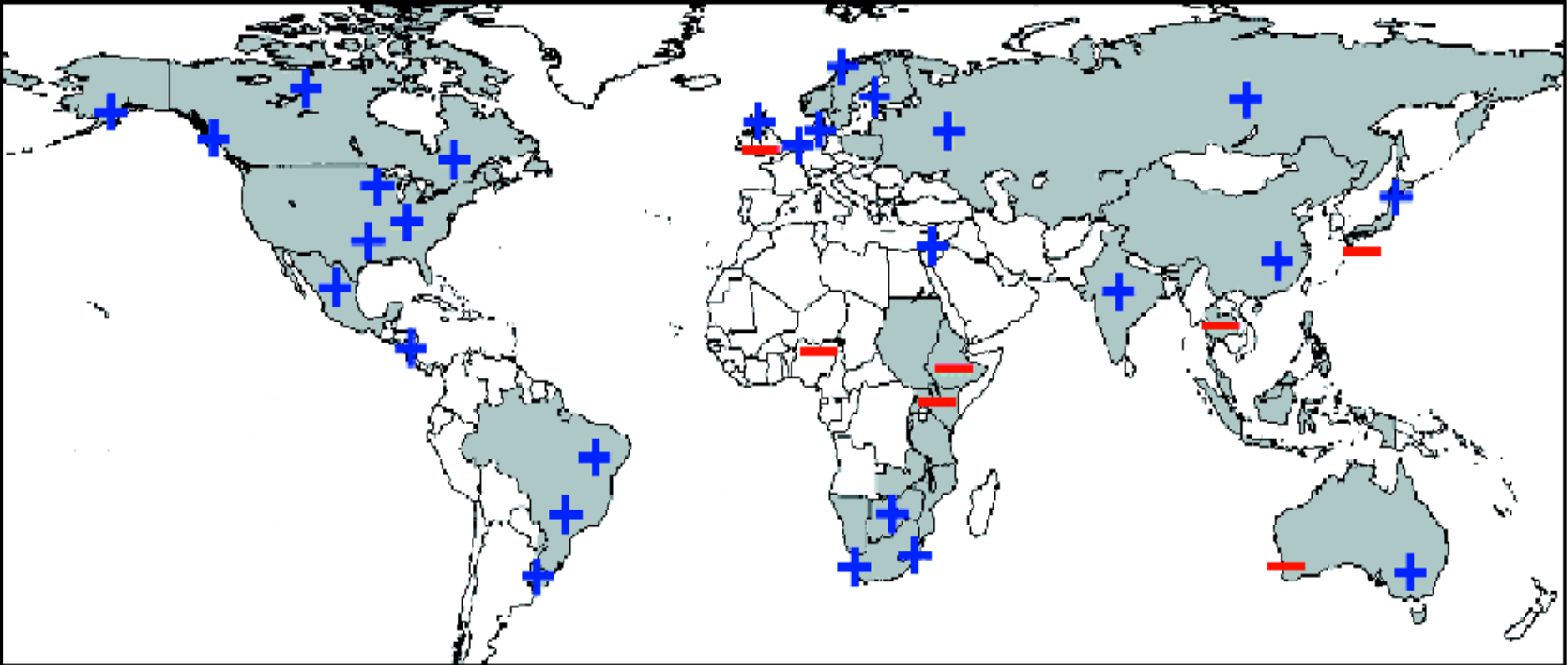
Observações mostram que desde 1970: aumento de temperatura de 0,55°C sobre os oceanos e conseqüentemente 4% mais vapor d'água.

Isto significa mais umidade disponível para as tempestades e um acentuamento do efeito estufa.

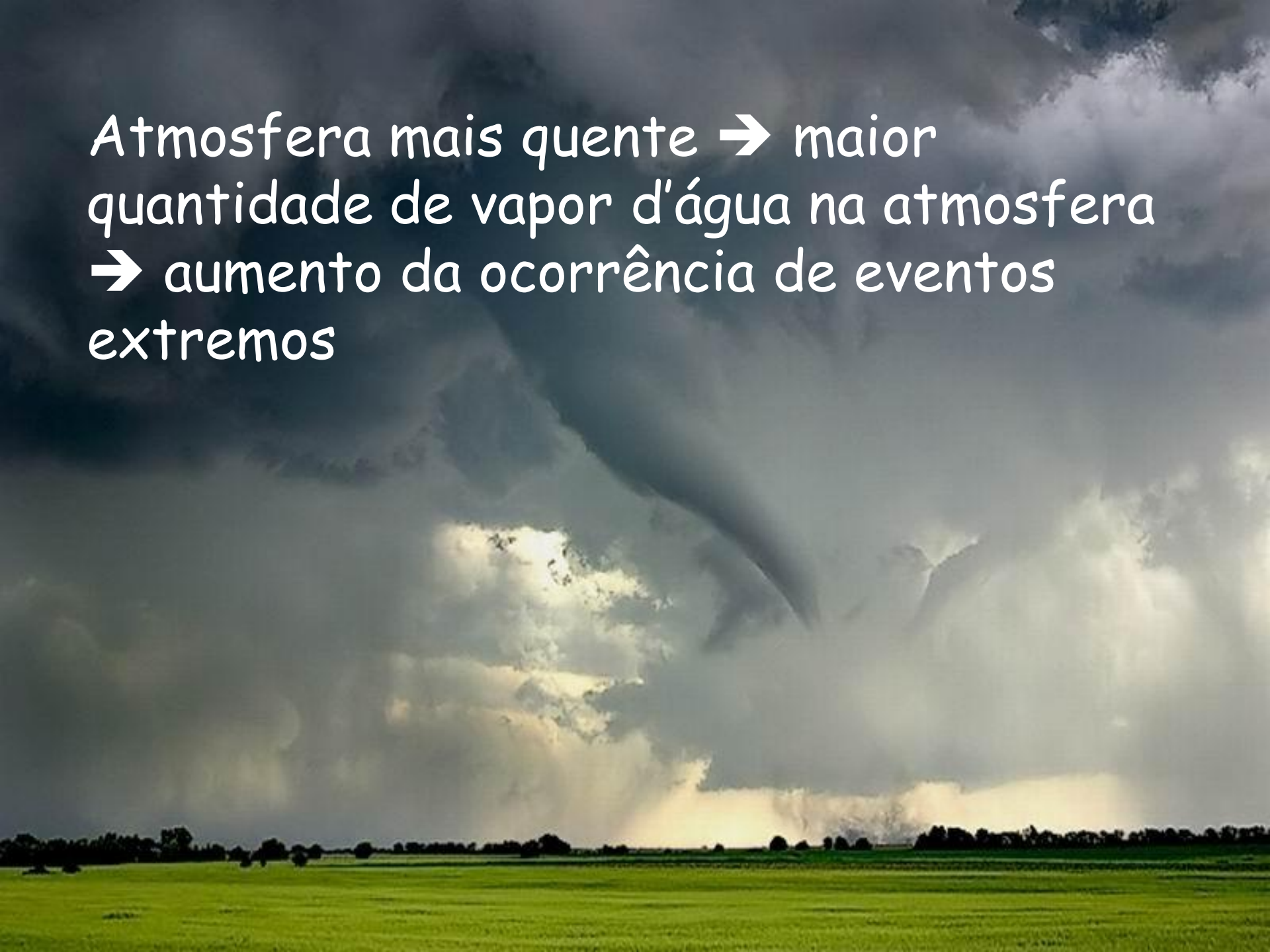


Vapor d'água sobre oceano

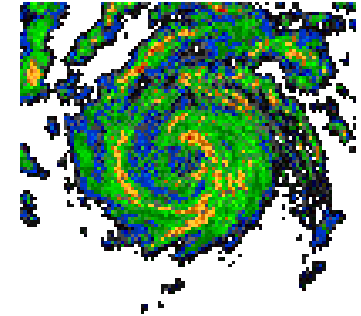
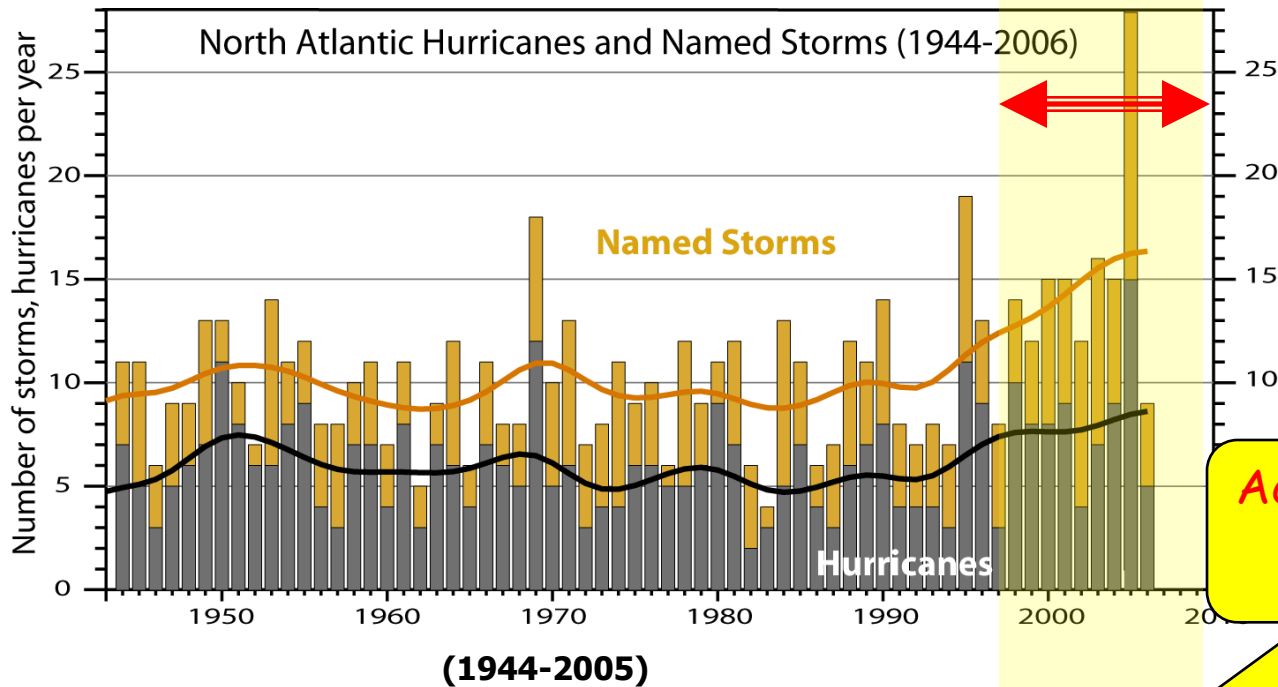
Freqüência de chuvas intensas: aumento na maior parte das áreas continentais.



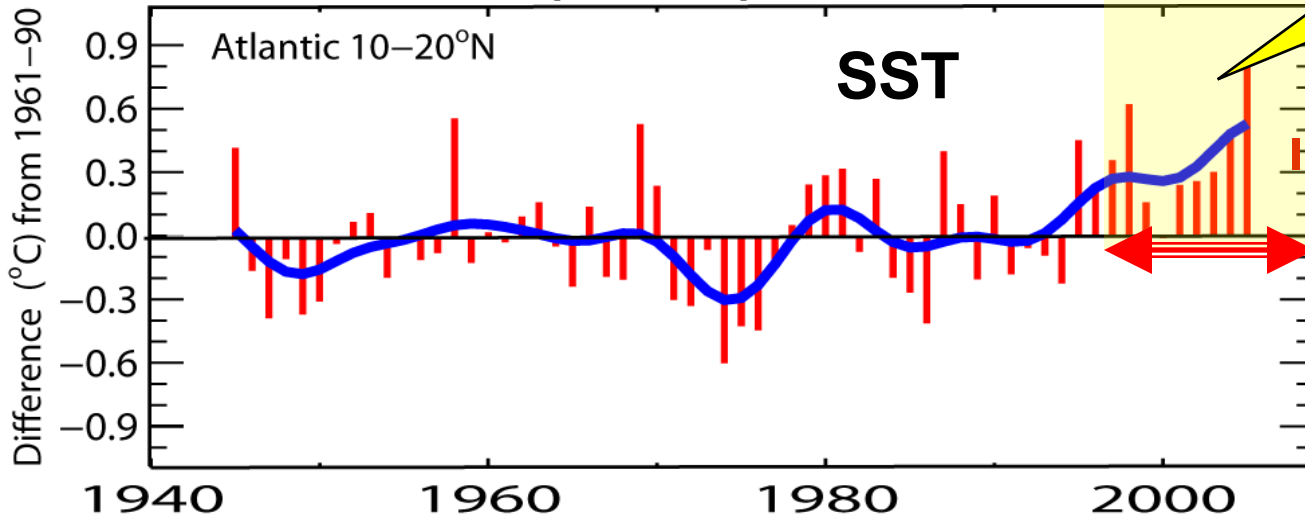
Atmosfera mais quente → maior
quantidade de vapor d'água na atmosfera
→ aumento da ocorrência de eventos
extremos



• Evidência observacional de um aumento de atividade de ciclones tropicais intensos no Atlântico Norte desde 1970, correlacionado com aumentos das TSMs tropicais.



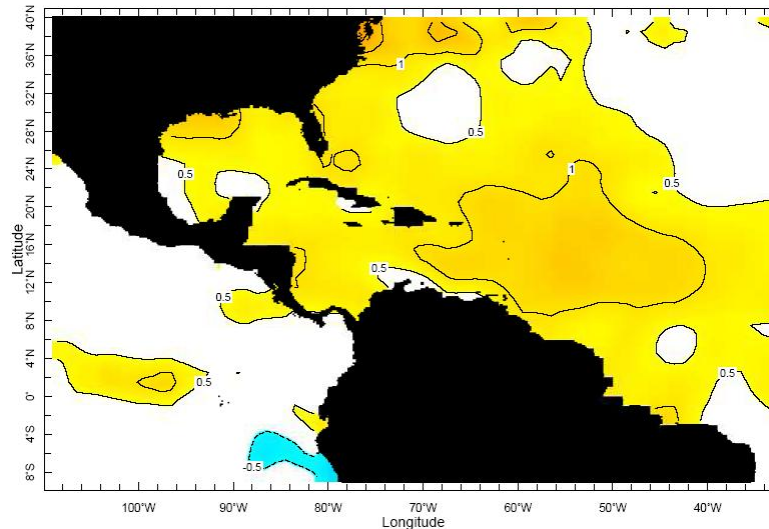
Acentuado aumento após 1994



O número global e o percentual de furacões intensos está aumentando



Furacão Katrina:
resultado da
variabilidade natural ou
do
aquecimento global?



Anomalia da Temperatura da Superfície do Mar no Caribe para Agosto 2005
(isotermas de 0,5 Celsius em relação à média de 1961-1990)

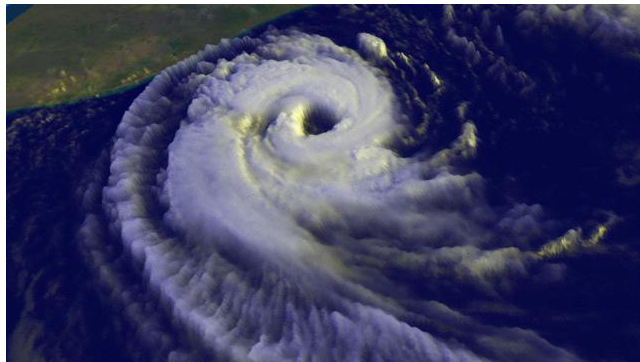
Seca da Amazônia em 2005



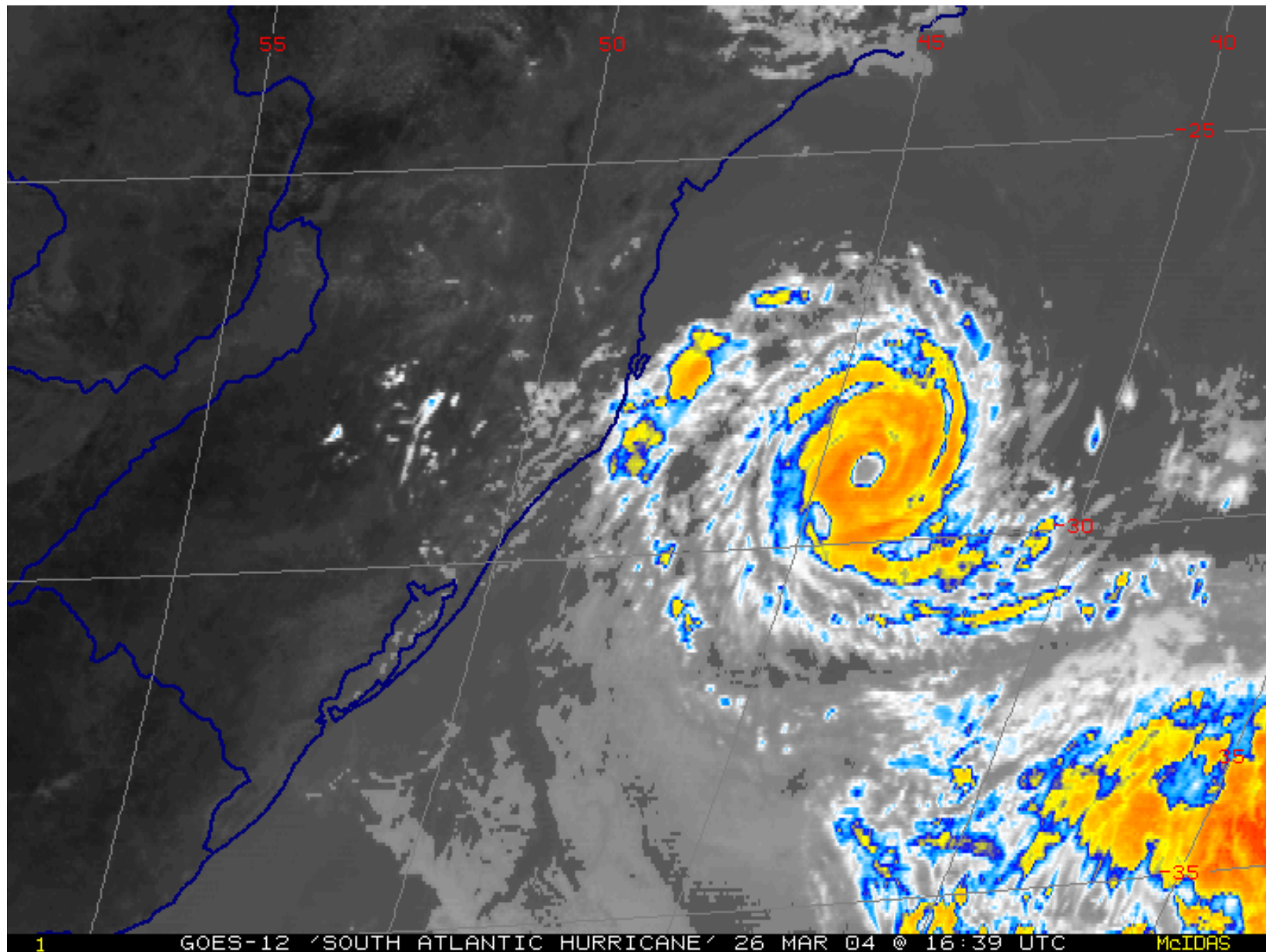
Barco encalhado na areia a leste de Barreirinha, perto da fronteira do Pará.

Barco preso no Lago do Rei, próximo a Manaus. O lago gigante, de mais de 12 mil hectares de superfície, foi reduzido a pequenas poças.





Furacão Catarina (27 de março de 2004): primeiro furacão observado no Atlântico Sul!



Variabilidade Natural do Sistema Climático

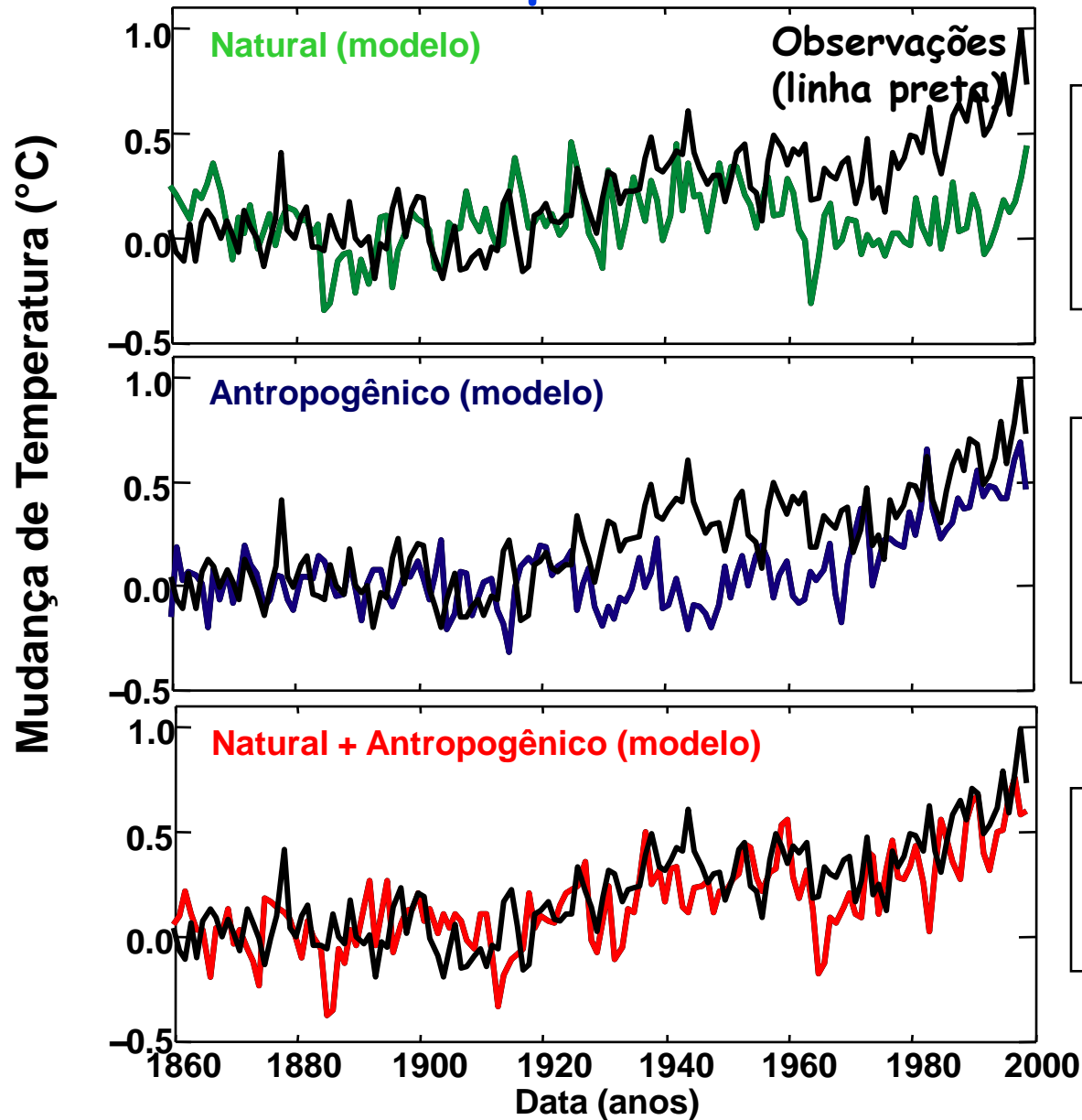
Alguns Padrões de Teleconexão

- Oscilação Quase-Bianual (OQB)
- El Niño - Oscilação Sul (ENOS)
- Oscilação do Atlântico Norte (NAO)
- Padrão Pacífico/América do Norte (PNA)
- Oscilação de Madden-Julian (OMJ)
- Oscilação Antártica (AAO)
- Oscilação Pacífico América do Sul (PAS)
- Oscilação Decadal do Pacífico (PDO)

*As recentes variações no clima
são naturais ou provocadas pelo
homem?*

(Atribuição da Mudança Climática)

Modelos Climáticos Globais reproduzem o Aquecimento Global?



Fatores Naturais (variabilidade solar e erupções vulcânicas) explicam o aquecimento em meados do Século

Fatores Antropogênicos explicam o aquecimento recente, com os aerossóis mascarando boa parte do aquecimento dos gases de efeito estufa.

Soma dos fatores naturais e humanos produzem um bom ajuste às observações

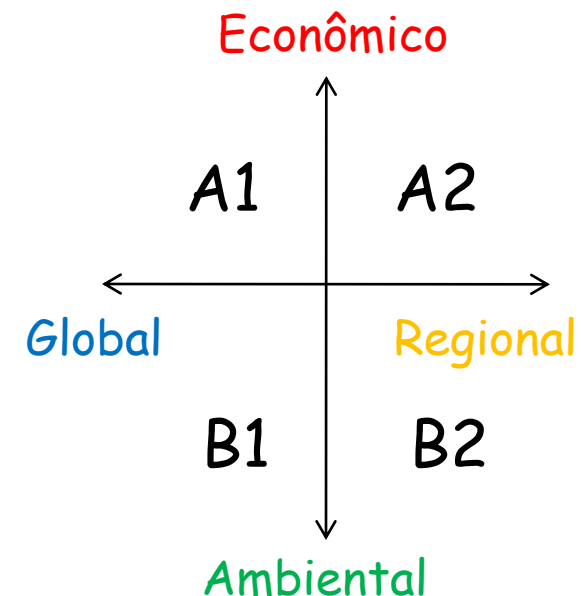
*O que pode acontecer
no futuro?*

Quarto Relatório de Avaliação do IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change):

IPCC- estabelecido em 1988 pela OMM e PNUMA para avaliar a informação científica, técnica e sócio-econômica disponível no campo de mudança do clima (2000 cientistas em 3 grupos: I) Bases Científicas, II) Impactos Ambientais e III) Medidas de Mitigação).



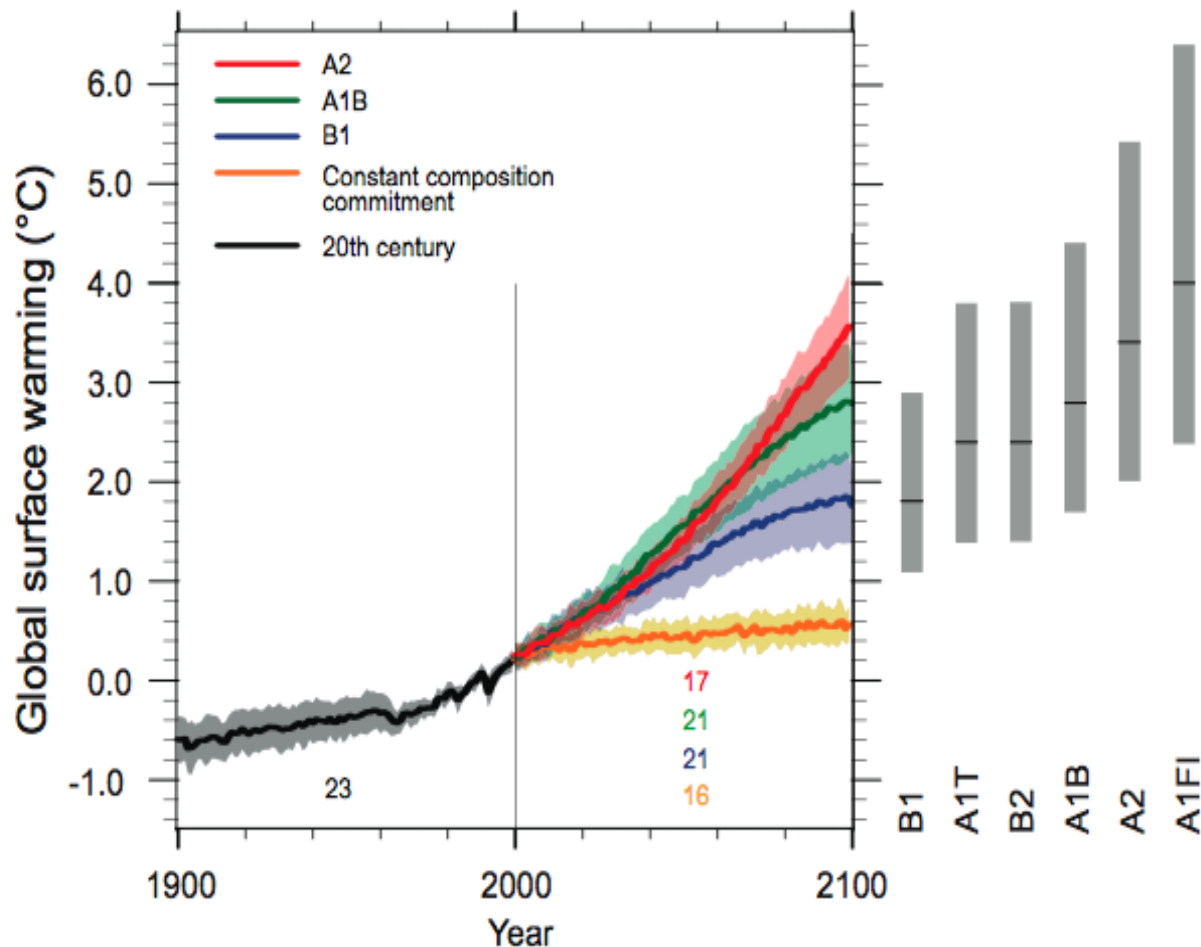
- **Metodologia de cenários:** baseados num conjunto de estórias narrativas que são subsequentemente quantificadas usando diferentes modelos.
- Quatro cenários que combinam dois conjuntos de tendências divergentes:
 - um conjunto varia entre **fortes valores econômicos** e **fortes valores ambientais**
 - e o outro conjunto entre o **aumento da globalização** e o **aumento da regionalização**.
- **IPCC 2007:** 3 cenários novos - A1FI, A1T e A1B



Cenário B1

baixo: $1,8^{\circ}\text{C}$
(faixa provável:
 $1,1^{\circ}\text{C}$ a $2,9^{\circ}\text{C}$)

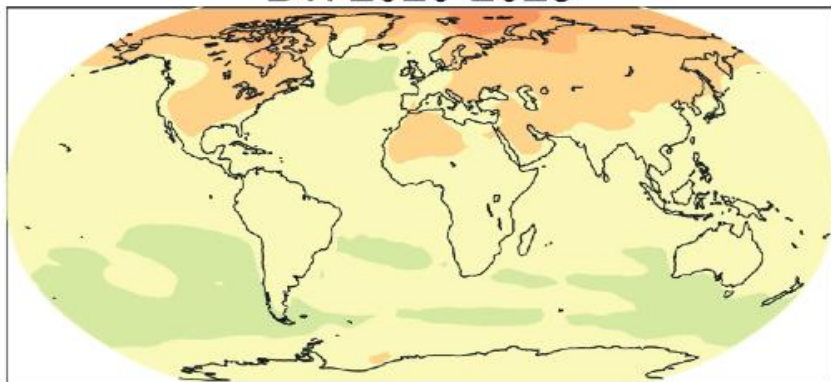
Cenário A1FI:
 $4,0^{\circ}\text{C}$ (faixa
provável: $2,4^{\circ}\text{C}$
a $6,4^{\circ}\text{C}$).



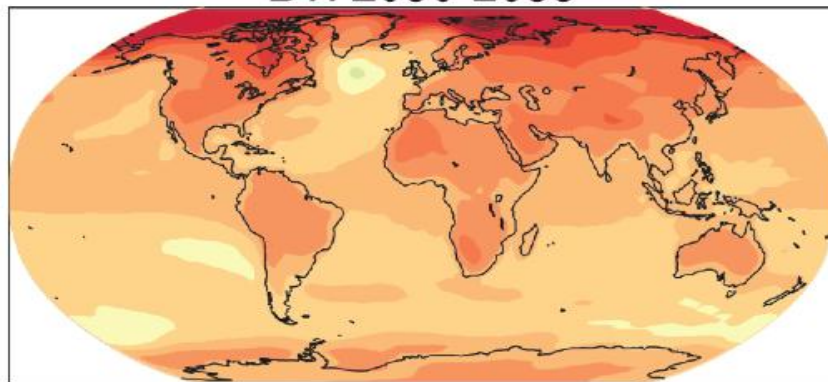
Anomalias de T em relação ao período 1980-1999

- Para as próximas duas décadas projeta-se um aquecimento de aprox. $0,2^{\circ}\text{C}$ por década (considerando cenários SRES)
- Mesmo se as concentrações de todos os gases de efeito estufa e aerossóis fossem mantidos constantes (níveis de 2000), um aquecimento posterior de $0,1^{\circ}\text{C}$ por década seria esperado (devido a lenta resposta dos oceanos).

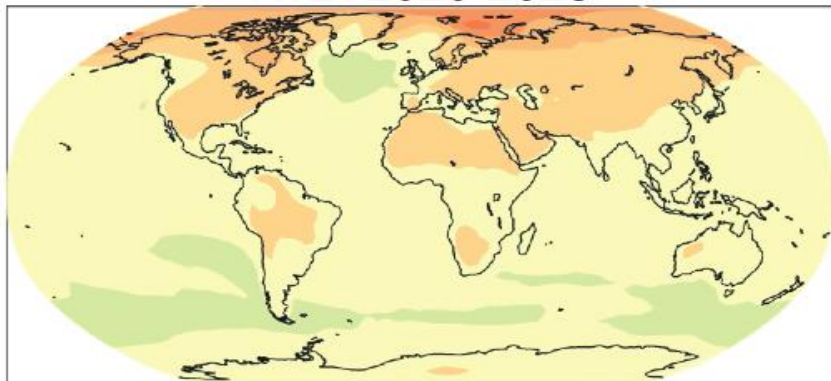
B1: 2020-2029



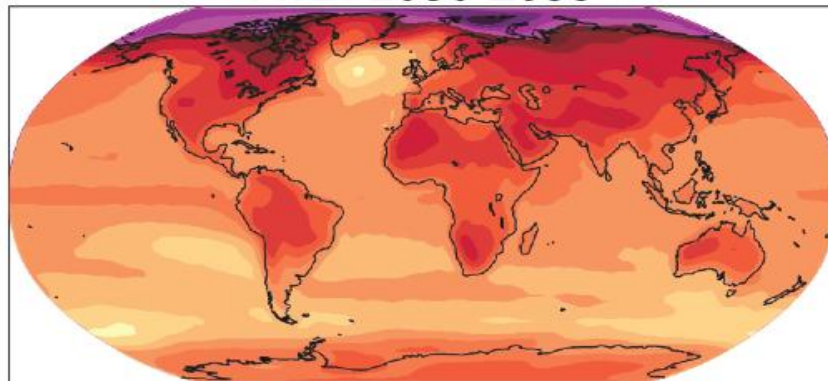
B1: 2090-2099



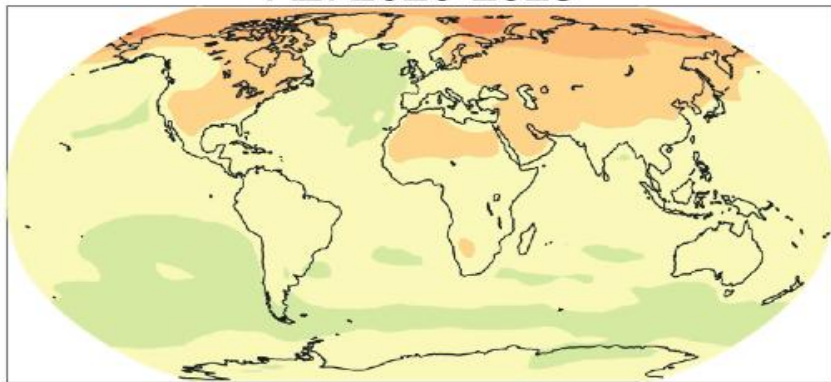
A1B: 2020-2029



A1B: 2090-2099



A2: 2020-2029



A2: 2090-2099

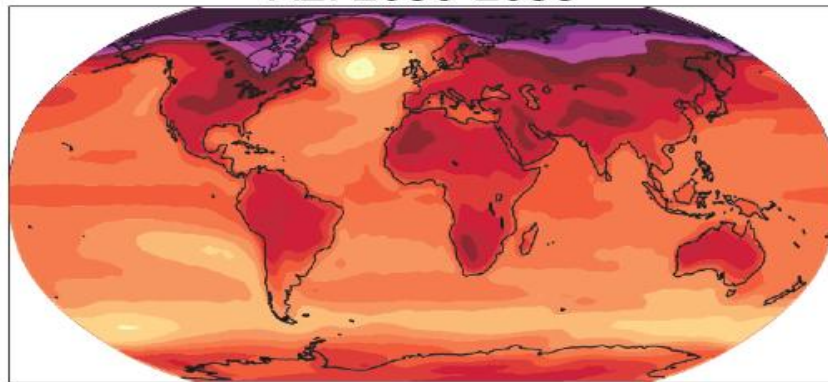


Table SPM.3. Projected global average surface warming and sea level rise at the end of the 21st century. {10.5, 10.6, Table 10.7}

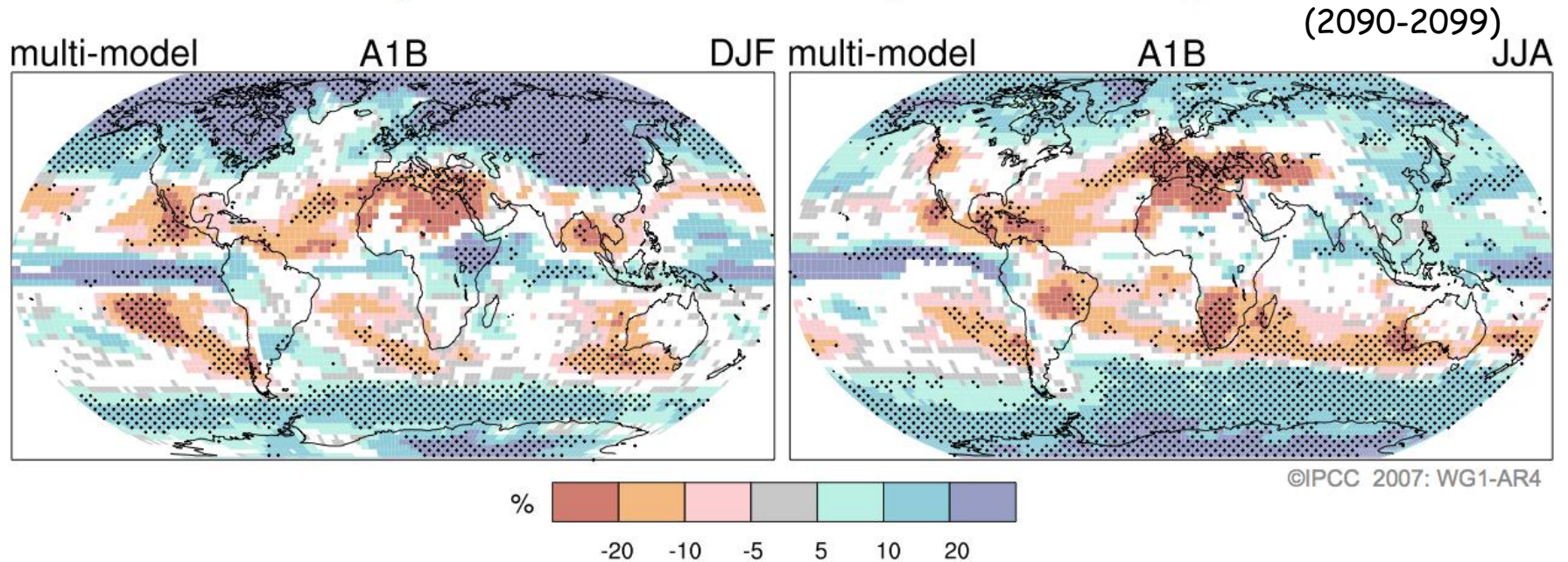
Case	Temperature Change (°C at 2090-2099 relative to 1980-1999) ^a		Sea Level Rise (m at 2090-2099 relative to 1980-1999)
	Best estimate	Likely range	Model-based range excluding future rapid dynamical changes in ice flow
Constant Year 2000 concentrations ^b	0.6	0.3 – 0.9	NA
B1 scenario	1.8	1.1 – 2.9	0.18 – 0.38
A1T scenario	2.4	1.4 – 3.8	0.20 – 0.45
B2 scenario	2.4	1.4 – 3.8	0.20 – 0.43
A1B scenario	2.8	1.7 – 4.4	0.21 – 0.48
A2 scenario	3.4	2.0 – 5.4	0.23 – 0.51
A1FI scenario	4.0	2.4 – 6.4	0.26 – 0.59

Table notes:

^a These estimates are assessed from a hierarchy of models that encompass a simple climate model, several Earth System Models of Intermediate Complexity and a large number of Atmosphere-Ocean General Circulation Models (AOGCMs).

^b Year 2000 constant composition is derived from AOGCMs only.

Projected Patterns of Precipitation Changes

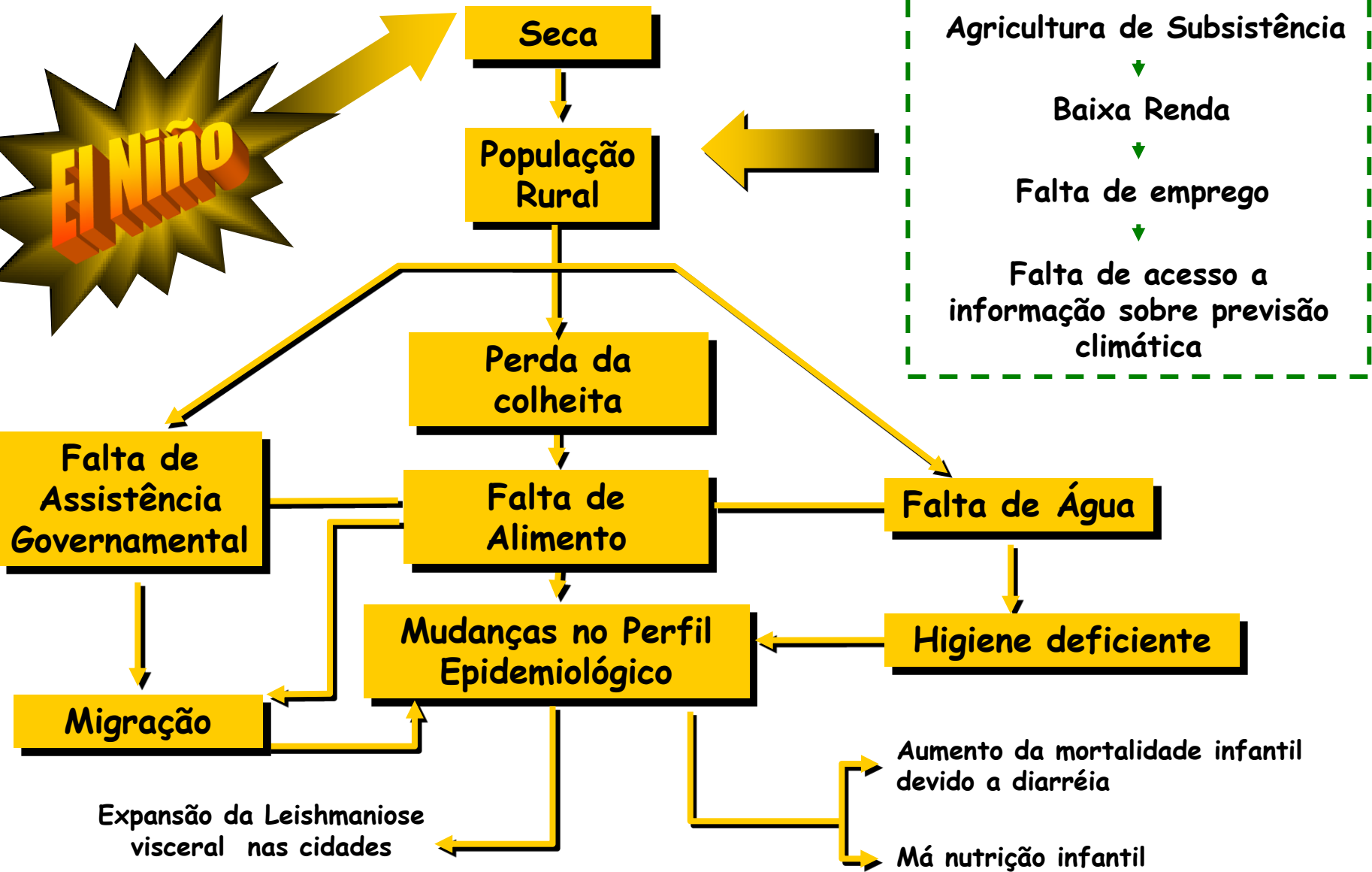


Mudanças relativas na precipitação (em porcentagem) para o período 2090-2099, relativa ao período 1980-1999. Áreas em branco indicam regiões onde menos do que 66% dos modelos concordam com o sinal da mudança e áreas pontilhadas onde mais do que 90% dos modelos concorda com o sinal da mudança (Fonte: IPCC 2007 WGI Fourth Assessment Report).

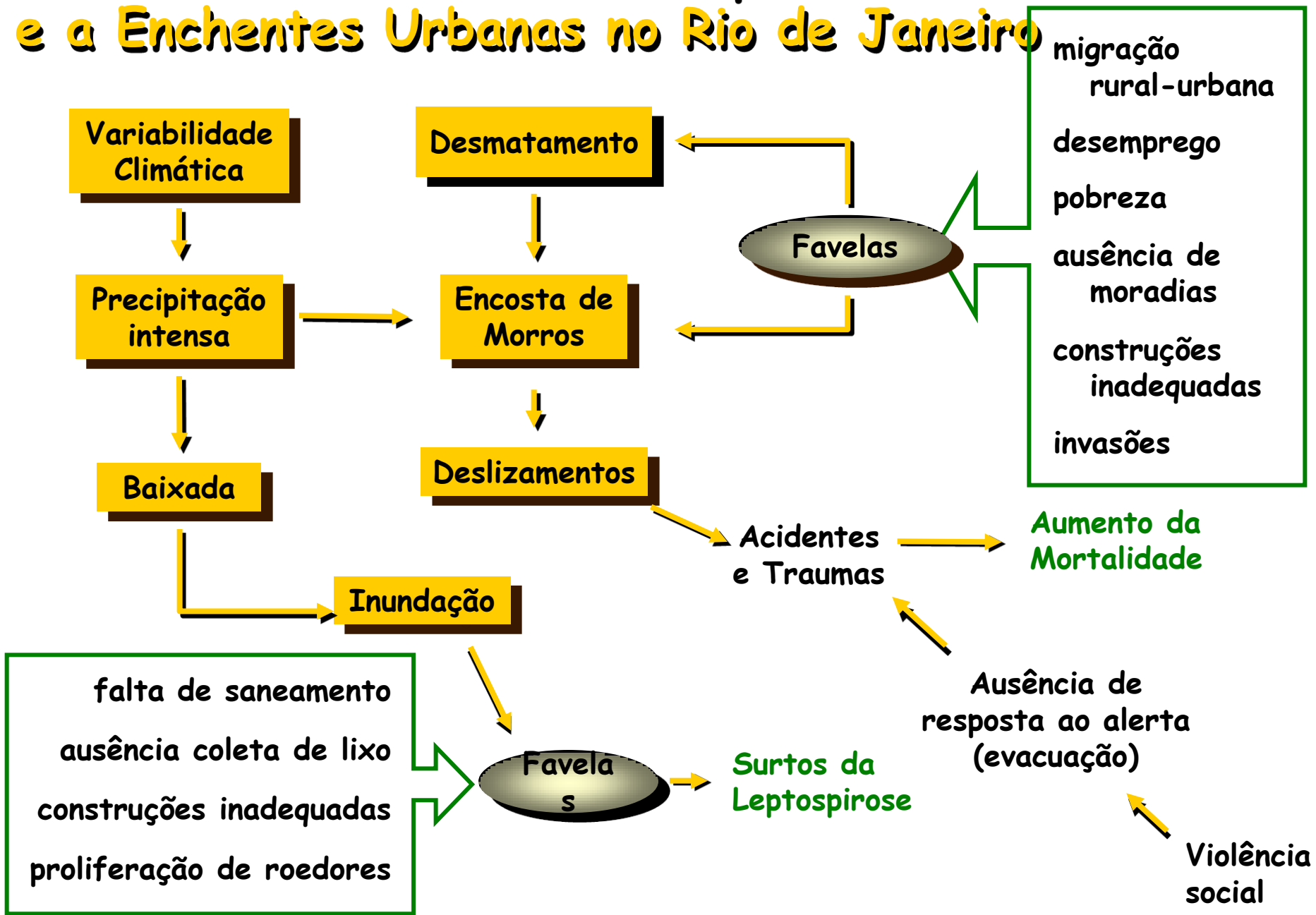
Precipitação **umenta** muito provavelmente nas altas latitudes e **decrece** provavelmente na maior parte das regiões continentais subtropicais.

*Quão vulnerável é o Brasil ao clima
atual e suas variações?
(impactos do aquecimento no Brasil)*

Vulnerabilidade Social a Secas no Nordeste do Brasil



Vulnerabilidade Social a Tempestades Severas e a Enchentes Urbanas no Rio de Janeiro



Impactos na Agricultura

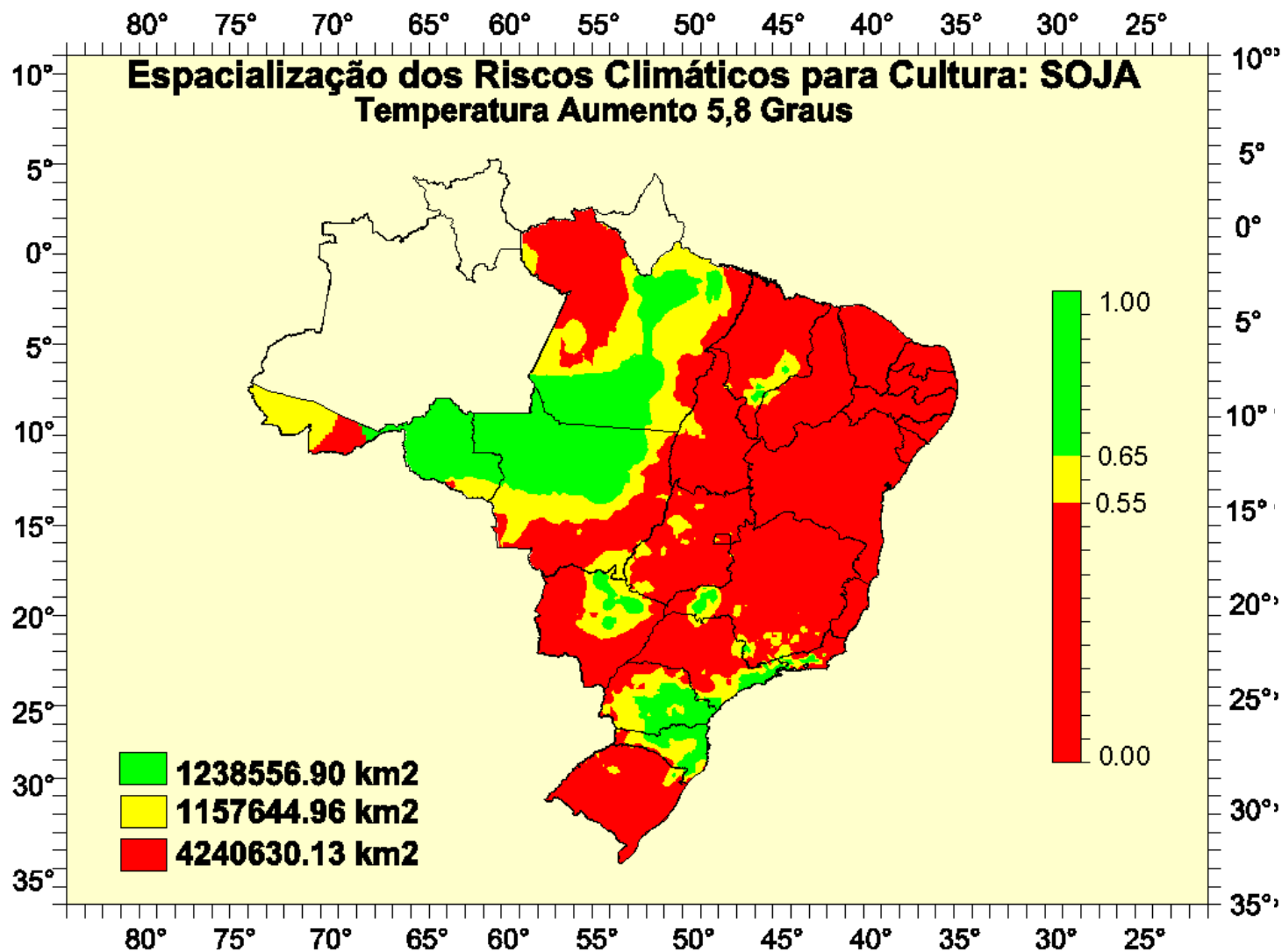
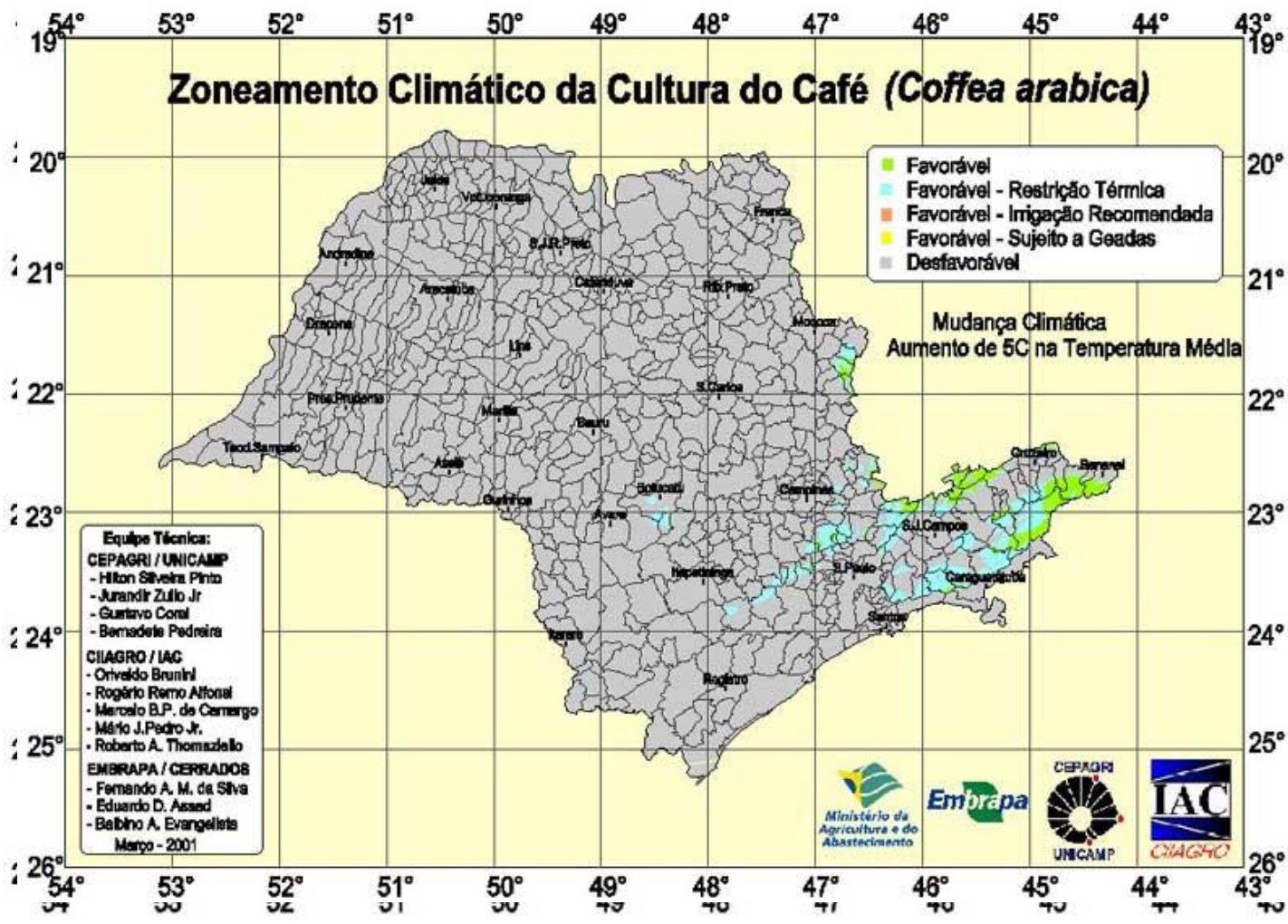


Figura 3. Impacto do aumento da temperatura nas áreas potencialmente favoráveis (verde) para cultivo de soja no Brasil. Quanto mais próximo de 1,0 menor o risco de plantio. Fonte: Eduardo Assad, Embrapa.



Exemplo de TCC sobre Mudanças Climáticas

Aluno: Wanderson Luiz Silva

Orientadora: Claudine Dereczynski

Detecção e Projeções de Mudanças Climáticas no Município do Rio de Janeiro

Tabela - Informações sobre as estações meteorológicas do INMET utilizadas neste estudo.

ESTAÇÃO METEOROLÓGICA	<i>Latitude</i>	<i>Longitude</i>	<i>Altitude</i>	<i>Período Analisado</i>
83007 - Alto da Boa Vista	22,95°S	43,27°W	347,1 m	01/jan/1967 a 31/dez/2007
83789 - Santa Cruz	22,92°S	43,68°W	63,0 m	01/jan/1964 a 31/dez/2009

(a)



(b)



Figura - Fotos das estações meteorológicas (a) do Alto da Boa Vista em jan/1993 e (b) de Santa Cruz no Morro da Caixa D'água (área da CEDAE) (Fonte: INMET).

Modelo Climático Regional Eta-HadCM3

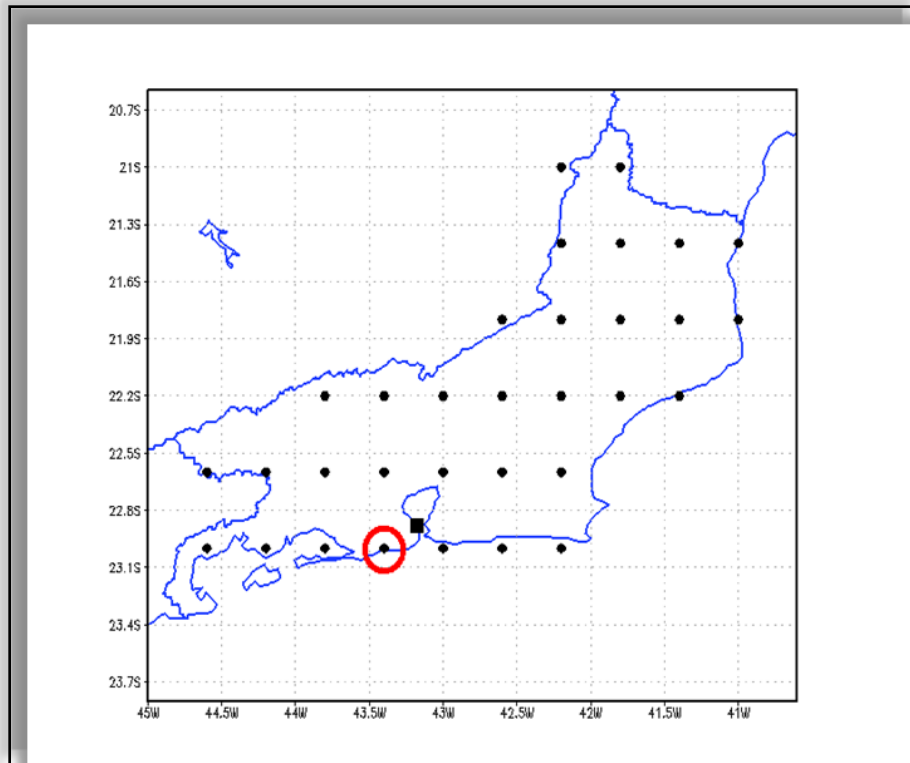


Figura – Pontos de grade do modelo Eta-HadCM3 sobre o Estado do Rio de Janeiro. O quadrado representa o centro do município do Rio de Janeiro e o círculo vermelho envolve o ponto utilizado neste trabalho.



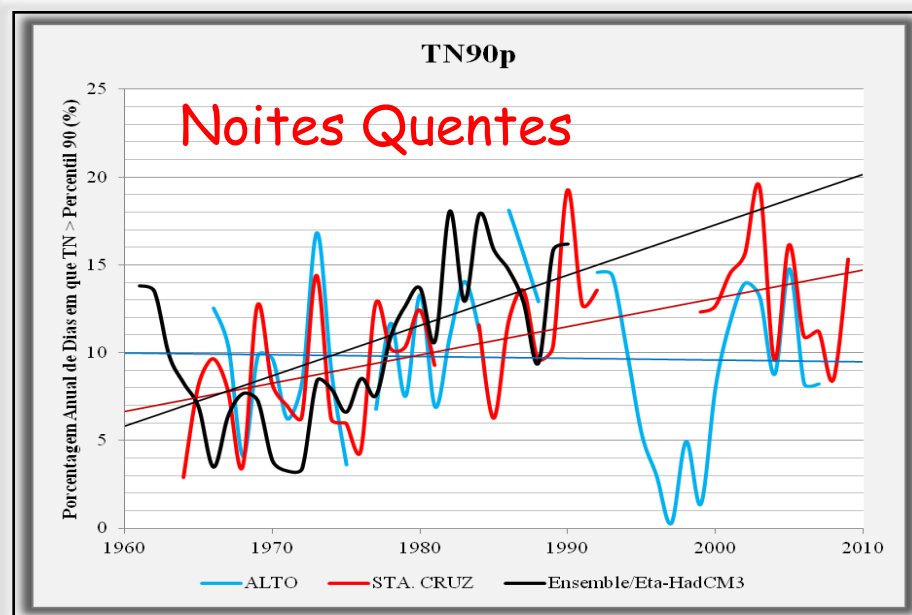
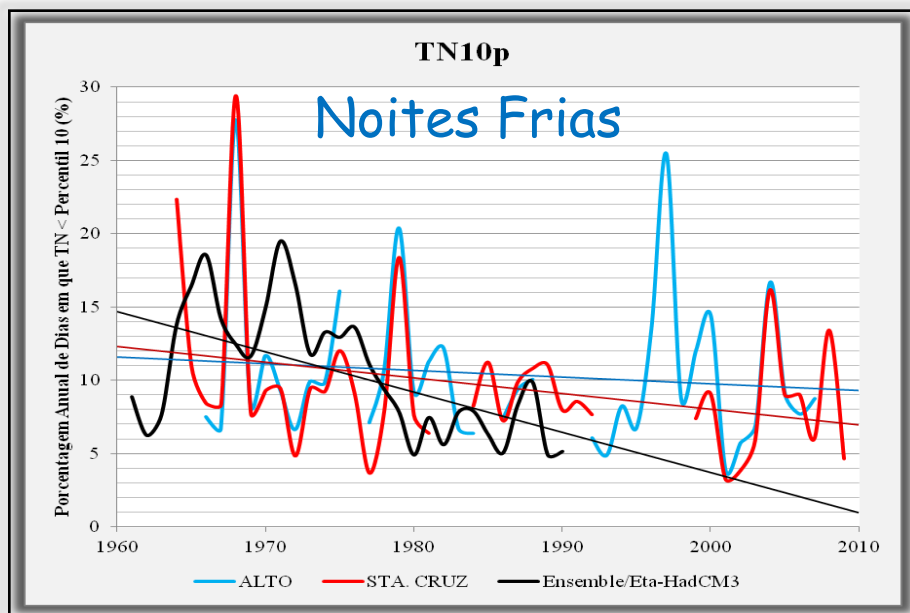
Figura – Mapa da Cidade do Rio de Janeiro com a localização das estações meteorológicas do INMET (Alto da Boa Vista e Santa Cruz) e do ponto de grade do modelo Eta-HadCM3.

Clima Presente (1961 - 1990)

Temperatura Mínima

Alto B. Vista	-0,03 %/ano
Sta. Cruz	-0,06 %/ano
Eta-HadCM3	-0,35 %/ano

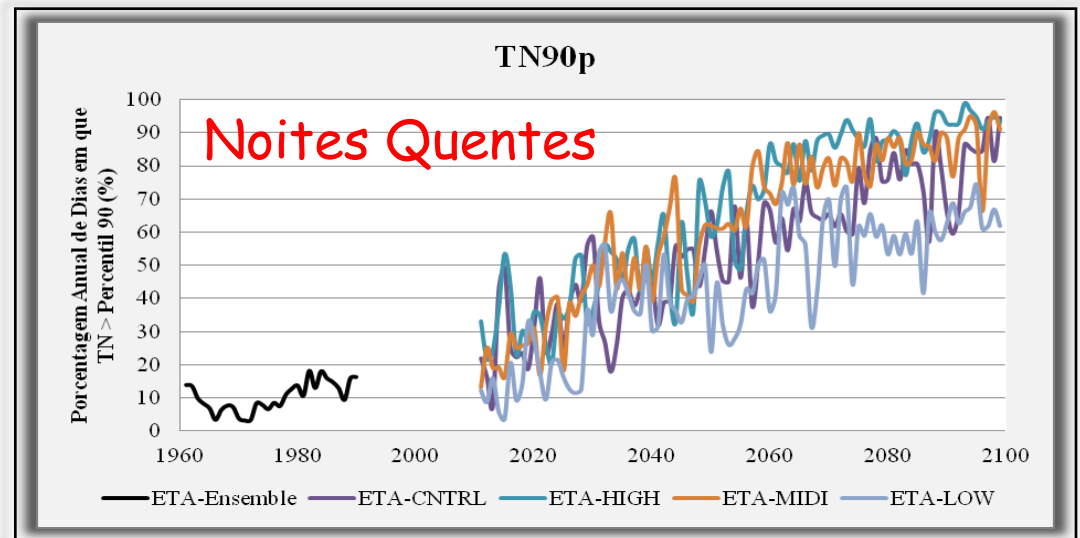
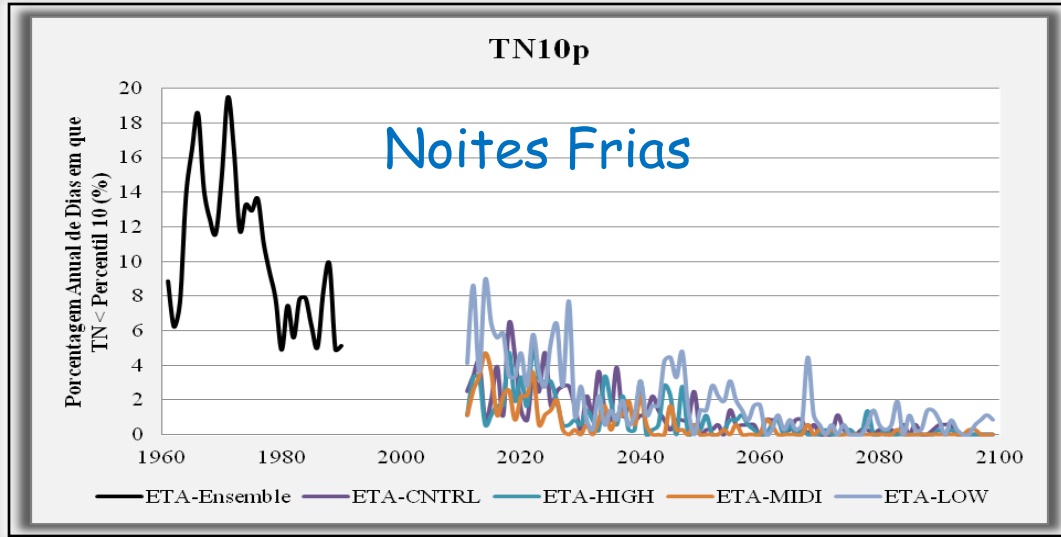
Alto B. Vista	+0,03 %/ano
Sta. Cruz	+0,17 %/ano
Eta-HadCM3	+0,32 %/ano



TEMP. MÍNIMA	Alto da Boa Vista	Santa Cruz	Eta-HadCM3 (Ensemble)
Percentil 10 (°C)	14,0	16,2	16,4
Percentil 90 (°C)	21,5	23,4	22,6

Clima Futuro (2011 - 2100)

Temperatura Mínima

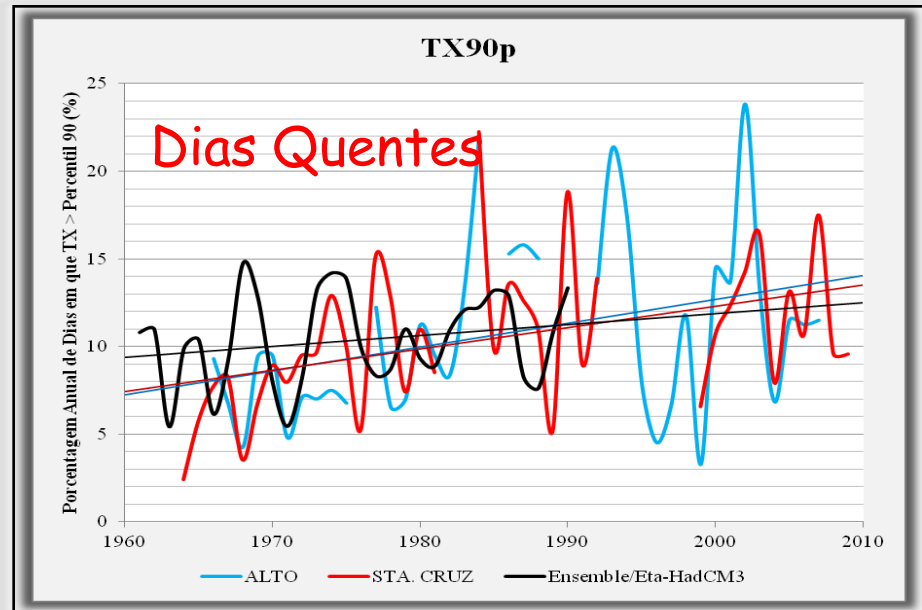
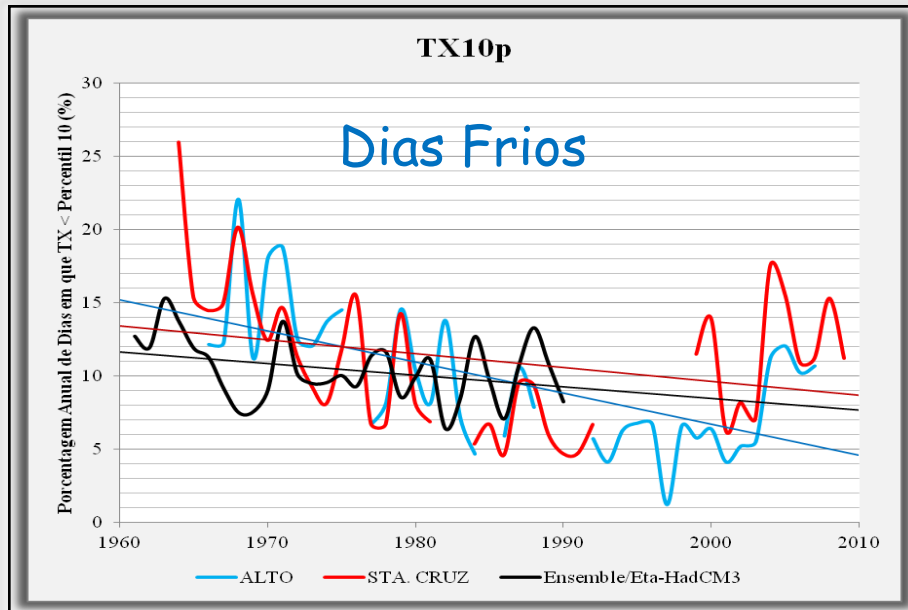


Clima Presente (1961 - 1990)

Temperatura Máxima

Alto B. Vista	-0,20 %/ano
Sta. Cruz	-0,11 %/ano
Eta-HadCM3	-0,07 %/ano

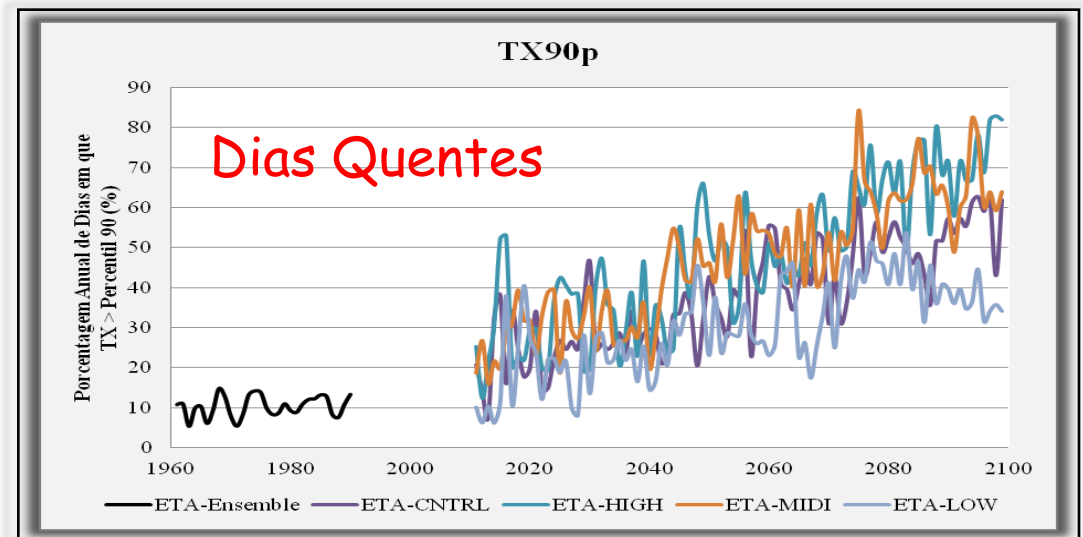
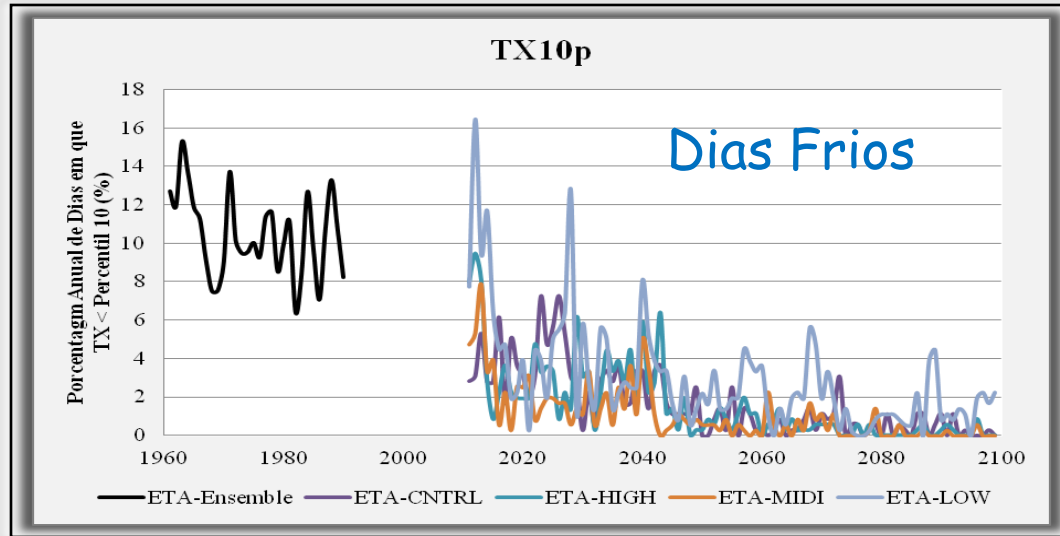
Alto B. Vista	+0,15 %/ano
Sta. Cruz	+0,15 %/ano
Eta-HadCM3	+0,07 %/ano



TEMP. MÁXIMA	Alto da Boa Vista	Santa Cruz	Eta-HadCM3 (Ensemble)
Percentil 10 (°C)	20,3	23,4	21,3
Percentil 90 (°C)	32,0	35,0	29,7

Clima Futuro (2011 - 2100)

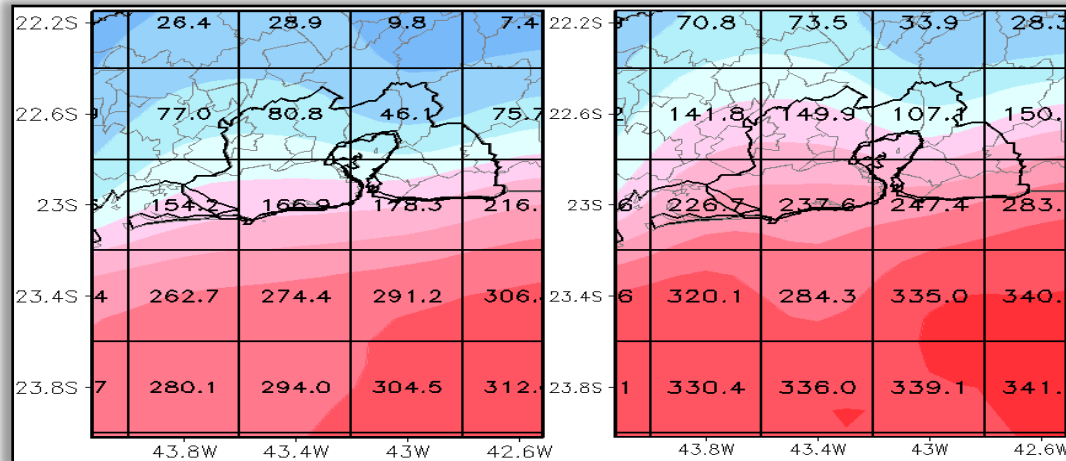
Temperatura Máxima



Clima Futuro (2011 - 2100)

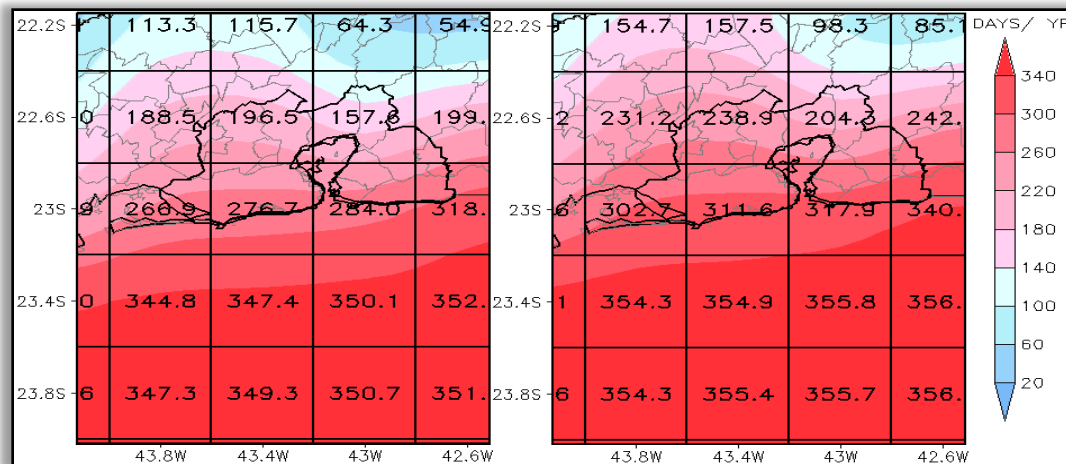
Temperatura Mínima - TR20

1961 - 1990



2011 - 2040

2041 - 2070





2071 - 2100

Figura - Tendências e projeções futuras para o índice de extremo climático de temperatura mínima TR20 na RMRJ, segundo o membro controle do modelo Eta-HadCM3. O número no centro de cada quadrado equivale ao valor do índice para o respectivo ponto de grade do modelo (Análise: *María Valverde*, INPE).





Clima Presente (1961 - 1990)

Precipitação

INDICADOR	<i>Alto da Boa Vista</i>	<i>Santa Cruz</i>	<i>Modelo Eta-HadCM3 (Ensemble)</i>
PRCPTOT	 + 7,83 mm/ano	 + 2,54 mm/ano	 - 6,23 mm/ano
R30mm	 + 0,07 dia/ano	 + 0,03 dia/ano	 - 0,06 dia/ano
R95p	 + 11,77 mm/ano	Sem tendência	 - 1,63 mm/ano
R99p	 + 3,40 mm/ano	Sem tendência	 + 0,05 mm/ano
RX1day	 + 1,04 mm/ano	 - 0,86 mm/ano	 + 0,12 mm/ano
RX5day	 + 1,54 mm/ano	 - 0,47 mm/ano	 - 0,11 mm/ano
SDII	 + 0,01 (mm/dia)/ano	 + 0,01 (mm/dia)/ano	 - 0,01 (mm/dia)/ano
CDD	Sem tendência	 + 0,08 dia/ano	 + 0,02 dia/ano
CWD	Sem tendência	Sem tendência	Sem tendência


Clima Presente (1961 – 1990)

Temperatura Mínima

INDICADOR	<i>Alto da Boa Vista</i>	<i>Santa Cruz</i>	<i>Modelo Eta-HadCM3 (Ensemble)</i>
TMINmean	Sem tendência	 + 0,01°C/ano	 + 0,03°C/ano
TN10p	 - 0,03 %/ano	 - 0,06 %/ano	 - 0,35 %/ano
TN90p	 + 0,03 %/ano	 + 0,17 %/ano	 + 0,32 %/ano
CSDI	Sem tendência	Sem tendência	 - 0,06 dia/ano
TNn	 - 0,02°C/ano	 - 0,01°C/ano	 + 0,02°C/ano
TNx	 - 0,01°C/ano	 + 0,01°C/ano	 + 0,04°C/ano
TR20	 + 0,29 dia/ano	 + 0,88 dia/ano	 + 1,68 dia/ano

Clima Presente (1961 – 1990)

Temperatura Máxima

INDICADOR	<i>Alto da Boa Vista</i>	<i>Santa Cruz</i>	<i>Modelo Eta-HadCM3 (Ensemble)</i>
TMAXmean	 + 0,04°C/ano	 + 0,03°C/ano	 + 0,01°C/ano
TX10p	 - 0,20 %/ano	 - 0,11 %/ano	 - 0,07 %/ano
TX90p	 + 0,15 %/ano	 + 0,15 %/ano	 + 0,07 %/ano
WSDI	 + 0,17 dia/ano	 + 0,02 dia/ano	 - 0,03 dia/ano
TXn	 + 0,01°C/ano	Sem tendência	Sem tendência
TXx	 + 0,01°C/ano	 + 0,01°C/ano	 + 0,02°C/ano
SU25	 + 1,42 dia/ano	 + 0,44 dia/ano	 + 0,38 dia/ano
DTR	 + 0,05°C/ano	 + 0,01°C/ano	 - 0,02°C/ano

CONCLUSÕES

➤ Clima na cidade do Rio de Janeiro - **Precipitação**

- mais úmido na região florestada
- totais pluviométricos anuais em elevação
- eventos de chuvas intensas → maior frequência e maior quantidade de chuva

- Diferenças nos indicadores de precipitação no Alto da Boa Vista e em Santa Cruz
 - alterações nos padrões de ventos, na circulação das brisas marítima e terrestre e no transporte de umidade para o interior do município
 - as tendências na frequência de ocorrência de sistemas frontais e no tempo de permanência dos mesmos necessitam ser investigadas

- Futuro
 - discreta redução nos totais pluviométricos anuais
 - expressiva elevação na frequência de ocorrência e na intensidade dos eventos de chuvas intensas
 - aumento estatisticamente significativo na duração dos períodos secos

- ✓ Tendência de chuvas mal distribuídas para o futuro, com períodos secos mais longos, entretanto com eventos de chuvas severas mais frequentes

CONCLUSÕES

➤ Clima na cidade do Rio de Janeiro – **Temperatura**

- tendência de aquecimento
- dias quentes (frios) → mais (menos) frequentes
- ondas de calor → mais longas
- noites quentes → mais frequentes
- tendências associadas às temperaturas mínimas → maiores em Santa Cruz

✓ As diferenças encontradas nas duas regiões (urbana e florestada) podem estar associadas com mudanças na circulação em escala sinótica e também em escala local devido ao efeito de ilha de calor urbana

▪ Futuro

- anomalias das médias anuais das temperaturas máximas → entre 2 e 6°C
- anomalias das médias anuais das temperaturas mínimas → entre 2 e 5°C
- 40% a 80% dos dias no ano serão quentes
- 60% a 90% das noites no ano serão quentes

Detection and Projections of Climate Change in Rio de Janeiro, Brazil

Claudine Dereczynski¹, Wanderson Luiz Silva¹, Jose Marengo²

¹Department of Meteorology, Federal University of Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brazil

²Center for Earth System Science, National Institute for Space Research, Cachoeira Paulista, Brazil

Email: claudine@acd.ufjf.br, wanderson@ufjf.br, jose.marengo@inpe.br

Received November 29, 2012; revised January 2, 2013; accepted January 9, 2013

ABSTRACT

A study on the detection and future projection of climate change in the city of Rio de Janeiro is here presented, based on the analysis of indices of temperature and precipitation extremes. The aim of this study is to provide information on observed and projected extremes in support of studies on impacts and vulnerability assessments required for adaptation strategies to climate change. Observational data from INMET's weather stations and projections from INPE's Eta-HadCM3 regional model are used. The observational analyses indicate that rainfall amount associated with heavy rain events is increasing in recent years in the forest region of Rio de Janeiro. An increase in both the frequency of occurrence and in the rainfall amount associated with heavy precipitation are projected until the end of the 21st Century, as are longer dry periods and shorter wet seasons. In regards to temperature, a warming trend is noted (both in past observations and future projections), with higher maximum air temperature and extremes. The average change in annual maximum (minimum) air temperatures may range between 2°C and 5°C (2°C and 4°C) above the current weather values in the late 21st Century. The warm (cold) days and nights are becoming more (less) frequent each year, and for the future climate (2100) it has been projected that about 40% to 70% of the days and 55% to 85% of the nights will be hot. Additionally, it can be foreseen that there will be no longer cold days and nights.

Keywords: Climate Change; Extreme Event Indices; Air Temperature; Precipitation; Eta-HadCM3 Model; Rio de Janeiro

Obrigada!

claudine@acd.ufrj.br